

КОНСТРУЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА
ТЕХНІКИ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

У трьох книгах

Книга 1

Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко

СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ



Навчальний посібник
для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів

Київ
«КАФЕДРА» 2013

КОНСТРУЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕХНІКИ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

У трьох книгах

Книга 1

Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський,
В. М. Співак, В. Б. Швайченко

СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту України як навчальний посібник
для студентів вищих навчальних закладів,
які навчаються за напрямом підготовки «Акустотехніка»*

**Київ
«КАФЕДРА»
2013**

УДК 621.391: 519.21 (075.8)
ББК 21.172.я 73
Т 94

*Гриф надано Міністерством
освіти і науки,
молоді та спорту України
(протокол від 29 жовтня 2012 р.
№ 1/11-16813)*

А в т о р и: Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк, В. В. Пілінський, В. М. Співак,
В. Б. Швайченко

Р е ц е н з е н т и: д-р техн. наук, проф. О. Г. Додонов (Інститут проблем
реєстрації інформації Національної академії наук України);
д-р техн. наук, проф. В. Я. Копп. (Севастопольський Національний техніч-
ний університет); д-р техн. наук, проф. В. С. Смірнов (Державний університет
інформаційно-комунікаційних технологій)

Т94

**КОНСТРУЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕХНІКИ РЕ-
ЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ:** У 3-х кн. Кн. 1. СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ РЕЄ-
СТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ: Навчальний посібник / Є. М. Травніков, Г. Г. Власюк,
В. В. Пілінський, В. М. Співак, В. Б. Швайченко. За загальною редакцією В. Б.
Швайченка – К.: «КАФЕДРА», 2013. – 216 с.: іл.

ISBN 966-8934-05-9 (кн. 1)

ISBN 966-8934-21-0

Посібник складено з трьох книг. У першій книзі наведено основні характе-
ристики сучасної техніки реєстрації аудіо- та відеоінформації, що функціонує
за різними способами реєстрації. Матеріал посібника відповідає програмам
підготовки бакалаврів, спеціалістів та магістрів технічного напрямку навчання
«Акустотехніка» згідно з вимогами галузевих стандартів вищої освіти України.

Може бути корисним для фахівців у галузі конструювання, технології ви-
робництва та експлуатації електроакустичних, звукотехнічних, радіоелектро-
нних та інформаційних систем.

УДК 621.391: 519.21 (075.8)

ББК 21.172.я73

ISBN 966-8934-05-9 (кн. 1)

© Травніков Є. М., Власюк Г. Г.,
Пілінський В. В., Співак В. М. ,
Швайченко В. Б. 2013

ISBN 966-8934-21-0

ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	5
<i>Розділ 1. Оптико-механічна реєстрація нерухомих зображень з хімічною фіксацією носія інформації</i>	9
1.1. Оптико-механічна реєстрація нерухомих зображень (фотографія)	10
Фотоапарати та принцип їх побудови	10
Відтворення нерухомих зображень без їх фіксації	18
1.2. Оптико-механічна реєстрація рухомих зображень (кінематографія)	23
Кінозйомка (запис) і техніка для неї	24
Відтворення (проекція) кінофільмів і техніка для нього	29
<i>Розділ 2. Електромагнітна реєстрація інформації</i>	38
2.1. Електромагнітний звукозапис	39
2.2. Відеозапис сигналів зображення	43
Формат відеомагнітофонів поперечно-рядкового запису	45
Відеокамери	54
2.3. Електромагнітна реєстрація звуку та зображень на магнітних дисках.....	60
Гнучкі магнітні диски 3,5” (89 мм)	62
Будова накопичувачів на жорстких магнітних дисках	64
<i>Розділ 3. Оптичні системи реєстрації</i>	67
3.1. Оптико-лазерні системи реєстрації	67
Швидкість передавання даних	70
Конструкції рушійних механізмів оптичних дисків	79
3.2. Магнітооптична реєстрація	81
Технологія запису даних на магнітооптичні диски	81
3.3. Оптико-фотоелектронна реєстрація інформації	86
Твердотільні перетворювачі світлосигналу	89
Спосіб формування зображення	91
Плотери	110
3.4. Фото-електростатична реєстрація зображень	115
Фізичні характеристики органічних фото-провідних барабанів	123

3.5. Лазерні технології друку	126
Принцип дії лазерних принтерів	126
Особливості конструкції	133
3.6. Кіно-телевізійна техніка реєстрації зображень	138
Класифікація телевізійних систем	141
Запис телевізійних сигналів зображення на кіноплівку	143
Метод з використанням телевізійної розгортки рухомим променем перемикальної подвійної оптики і безперервного руху фільму	153
Телекінопроектор за приладами із зарядовим зв'язком	158
Розділ 4. Системи реєстрації з високим розрізненням	161
4.1. Термопластична реєстрація зображень	161
Термопластичний запис телевізійних зображень	164
Особливості конструкції	167
4.2. Голографічна реєстрація зображень	170
Перспективні технології зберігання інформації	174
Передавання голограм тривимірного об'єкту	178
Розділ 5. Механічна реєстрація інформації	180
5.1. Механічний звукозапис (грамплатівки)	180
Безпосередній привід	187
Звукознімач	191
5.2. Механіко-відтискова реєстрація зображень	196
Запис інформації на паперовий носій	204
Класифікація офсетних машин	208
Література	214

Вступ

Техніку реєстрації інформації (ТРІ) застосовують у багатьох областях науки і техніки настільки широко, у порівнянні з іншими галузями, а саме, для виробництва, навчання, в медицині, спортивних виступах і змаганнях, тренуваннях, побуті, телеграфії і поліграфії всіх видів (друкування журналів і газет, афіш, листівок, квитків, грошей тощо), у радіомовленні, де багато програм відтворюють після звукозапису і оброблення, в телебаченні, в кінематографії, фотографії, професійних та персональних комп'ютерах (магнітні та оптичні диски), у побутових програвачах звуку і відео, пристроях управління виробничими процесами (у верстатах з числовим програмним управлінням), пристроях управління польотами ракет військового і цивільного застосування. Пристроях запису аварійних ситуацій (у «чорних скриньках») і багатьох інших. Крім того, техніка реєстрації охоплює звукове сповіщення номерів у телефоні, мобільні телефони, де реалізовано також реєстрацію зображення з різними повідомленнями.

Відомо, що людина 80% інформації сприймає через зображення і 20% – слух та інших органів сприймання. До зображень відносять все, що бачить око, у прямому або відбитому світлі. У темряві предмети зображення існують, але ми їх не бачимо. Більшу кількість зображень сприймають у відбитому світлі – Сонця та за освітлення штучних джерел світла – різних освітлювальних ламп.

Таким чином, техніка реєстрації інформації охоплює безліч пристроїв для оброблення зображень і звуку, зазвичай сполучені в єдине нероздільно ціле, наприклад, в кінематографії, яка об'єднує рухоме зображення і звук, або в засобах телебачення. Також є пристрої, що реєструють лише зображення, наприклад, фотографія, поліграфія (газети і журнали) або тільки звук, наприклад, магнітофони, або рекордери цифрових дисків.

Базова область техніки реєстрації інформації заснована за наявності в пристроях **носія інформації** (магнітної стрічки, кіноплівки, дисків тощо) і **елементів запису-відтворення** цієї інформації (магнітних або оптичних головок тощо).

За станом цієї пари основних елементів ТРІ поділяють на **статичну** і **динамічну системи**. У першій відсутній рух носія інформації щодо елементів запису-відтворення, наприклад, цифрові фотоапарати. Статичні системи в ТРІ займають наразі малий об'єм, але мають дуже велике майбутнє і перспективу.

Максимального поширення в сьогоденні набула ТРІ з динамічною системою запису-відтворення, де є реалізовано рух носія інформації щодо нерухомих або переміщуваних елементів запису-відтворення цієї інформації, наприклад, у магнітофонах **рух** магнітної стрічки щодо **нерухомих** магнітних головок стирання, запису та відтворення або в дискових пристроях комп'ютерів, де магнітний (оптичний) диск, що **обертається**, взаємодіє з **рухомими** магнітними (лазерно-оптичними) головками.

Техніку реєстрації інформації розподіляють також за типом механічного стану носія інформації на гнучкі, жорсткі і твердотільні.

Гнучкими носіями інформації є кіно- та фотоплівки, магнітні стрічки та диски, магнітний провідник, папір листовий, рулонний, фотопапір, паперова стрічка (телеграфні апарати).

Жорсткими носіями інформації є жорсткі магнітні диски (вінчестери), оптичні диски, фотопластини, м'який листовий метал (алюміній, нікель і латунь для нагород, металевих грошей і значків).

Твердотільними носіями інформації є феритові магнітні осердя та напівпровідникові прилади зарядового зв'язку (ПЗЗ).

Перші два види носіїв інформації відносять до ТРІ з динамічною системою запису-відтворення, а третій вид носія до ТРІ із статичною системою оброблення інформації.

Перш ніж докладно розглянути **техніку реєстрації інформації**, принципів її роботи, переваг і недоліків, зазначимо основну термінологію, яку застосовують в науково-технічній літературі щодо цієї галузі.

Системою запису інформації називають сукупність технічних засобів, що дозволяють отримати фіксацію інформації на носії запису. Інформацію можна сформувати електромагнітними хвилями у видимому або невидимому діапазонах, електричними сигналами в звуковому діапазоні, спіральними доріжками видимого профілю (грамзапис) тощо.

Часто під поняттям «запис інформації» мають на увазі її реєстрацію.

Реєстрація (лат. *registrum*) – записано, внесено, зафіксовано факти або проявів фізичних явищ. Якщо це стосується всього комплексу апаратури, то часто мають на увазі запис-відтворення інформації. Реєстрацію виконують обов'язково із застосуванням оргтехніки (магнітофон, відеокамера тощо). Безпосередня реєстрація кульковою авторучкою на аркуші паперу, не є предметом цього навчального посібника.

Системою відтворення інформації називають сукупність технічних засобів, що дозволяють отримати візуальне або звукове відображення об'єкту попереднього запису на носії інформації. Візуальне відображення інформації можливо отримати на кіноекрані (кіно), фотопапері (фотографія), екрані телевізора (відеозапис з відеоманітофона або відеокамери), моніторі комп'ютера, екрані осцилографа тощо, а звукове – за допомогою поширених пристроїв – акустичних систем, навушників, телефонів тощо. У системі відтворення важливою є його складова – фіксація.

Фіксація (фран. *fixation*) – закріплення у певному положенні, закріплення в кіно- фотографії проявленого матеріалу або відбитку обробленням фіксажем. Часто цим терміном означають зображення, які можуть бути відтворені, без застосування якогось приладу або оргтехніки, а саме, фотографії, листівки, книжкові сторінки, газети, гроші, значки, роздруковані документи з принтера тощо.

Якщо застосовувати відтворення зображень з екрану телевізора, кіноекрану, монітора і інших, то ці зображення не мають фіксації, тобто поки відтворено на екрані кіно, або відео на моніторі, то зображення існує, закінчилася

трансляція або відтворення, то воно з екрану зникає. Зрозуміло, що існує ця записана інформація, і її відтворення можна здійснювати багаторазово, але лише за допомогою оргтехніки або спеціалізованих пристроїв (проекторів, комп'ютерів тощо).

Відмінності **техніки реєстрації інформації** виявляють за особливостями процесу запису-відтворення інформації, тобто за принципом, або способом дії.

За способом запису-відтворення інформації ТРІ можна розподілити залежно від принципів дії на такі типи:

оптико-механічна реєстрація нерухомих зображень з хімічною фіксацією гнучкого (фотоплівка і фотопапір) і жорсткого (фотопластина) носія, що широко застосовують у фотографії та друці (початковий етап) будь-яких репродукцій з творів, виставлених у картинних галереях світу;

оптико-механічна реєстрація рухомих зображень з хімічною фіксацією носія – гнучкого у вигляді кіноплівки, що широко застосовують у кінематографії;

електромагнітна реєстрація звуку і зображень на гнучких носіях (магнітна стрічка, дріт або диски), а також на жорстких носіях (магнітні диски типу вінчестер, магнітні барабани);

магніто-оптична реєстрація на спеціальних жорстких магніто-оптичних дисках;

оптико-лазерна реєстрація на спеціальних оптичних дисках, що теперішнім часом набула найбільше поширення (CD-ROM, CD-RW, DVD, Blu-ray тощо);

електронно-оптична напівпровідникова цифрова реєстрація, застосована в цифрових фотоапаратах, відеокамерах і сканерах;

фото-електростатична реєстрація зображень, застосована в ксероксах і лазерних принтерах;

кіно-телевізійна техніка реєстрації зображень, застосована на принципах запису-відтворення в кіно і телебаченні;

термопластична техніка реєстрації зображень із записом-відтворенням на основі спеціального гнучкого носія – особливий термопластичний стрічки;

голографічна реєстрація зображень, на основі носія голограми – пластини голографічної лазерної технології;

механічна реєстрація звуку, на основі грамплатівки із звуковим тоном (електромагнітним або п'єзоелектричним);

механіко-відтискова реєстрація зображень, на основі гнучкого носія будь-якого паперу (друкарська, книжкова, газетна продукція тощо), що взаємодіє з рельєфним зображенням друкарського барабана, покритого друкарською фарбою – це друкарські машинки, і телеграфні апарати.

Головним елементом більшості пристроїв запису-відтворення зображень є **оптична система** на основі об'єктиву, дзеркал, призм, яких немає у пристроях з магнітною реєстрацією інформації.

Другим загальним і важливим елементом пристроїв реєстрації інформації динамічної системи є **рушійний механізм** для всіх гнучких і жорстких носіїв,

який здійснює задану алгоритмом роботи (програмою) взаємодію носія інформації з елементами запису-відтворення цієї інформації (магнітними або оптичними головками, об'єктивом тощо).

У першій книзі наведено інформацію щодо всіх вищенаведених способів реєстрації інформації зі стислим поясненням принципів роботи та конструкції пристроїв.

Автори щиро вдячні фахівцю за спеціальністю «електроакустика», професіоналу в галузі мультимедійних (комп'ютерних) технологій Демурі Віталію Анатолійовичу за творчий підхід в опрацюванні та оформленні рукопису до друку.

Розділ 1. Оптико-механічна реєстрація нерухомих зображень з хімічною фіксацією носія інформації

Цей напрям вельми різноманітний і відомий з 1839 р. під назвою фототехніка. **Фото** (грец. **photos-** – світло) запис зображень здійснюють застосуванням фотоапарата (фотокамери) – оптико-механічного пристрою, де на світлочутливому шарі фотоплівки (фотопластини або фото-диска) створено приховане зображення об'єкту зйомки (рис. 1.1) Під час зйомки (запису) оптичне зображення об'єкту зйомки за допомогою оптичної системи проєктують об'єктивом на світлочутливий шар фотоплівки за певний проміжок часу – **витримки** (десяті, соті, тисячні частки секунди або її цілих значень). Зображення на фотоплівці є невидиме оку – приховане.

Після хімічного оброблення фотоплівки або іншого фото-носія (прояв у проявнику і фіксації в закріплювачі) на її робочому шарі з'являється негативне або позитивне залежно від вживаного типу плівки зображення об'єкту зйомки. Якщо це було знято на позитивній слайдовій фотоплівці, то зображення можна вже безпосередньо відтворювати через діапроектор на великому екрані, цей процес називають **проекцією**. Без оргтехніки (діапроектора) відтворення запису (фотографії) дуже незручно (дрібне зображення навіть за стандартної ширини фотоплівки 35 мм). Крім того, немає зручного зафіксованого об'єкту зйомки, який би можна було б відтворювати в будь-який час без оргтехніки.

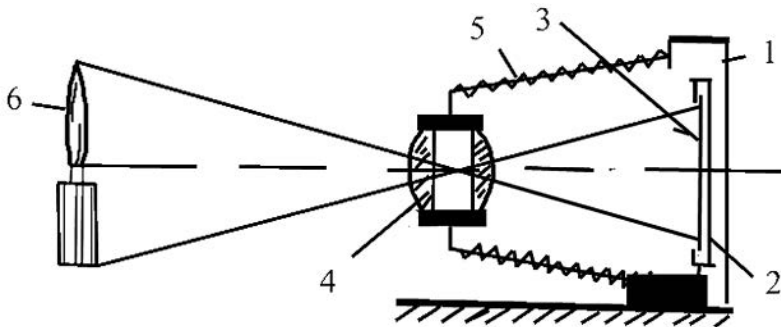


Рис. 1.1. Оптична схема фотоапарата:

- 1 – корпус; 2 – тримач фотопластини; 3 – фотопластина; 4 – лінза;
5 – тримач лінзи; 6 – об'єкт зйомки (фотографування)

Цей недолік легко можна усунути, якщо застосовувати негативне зображення на фотоплівці і за спеціальним пристроєм – **фотозбільшувачем** спроектувати зображення на фотопапір, що має також світлочутливий шар (бромисте або інше срібло), як і фотоплівка. Під світлом об'єкту зйомки після об'єктиву фотозбільшувача яскраві частини засвічуються більше, сірі – менше і темні – не засвічуються. Отримують з негативу позитивне приховане зображення, яке після хімічної обробки в проявнику і закріплювачі стає видимим позитивним зображенням об'єкту зйомки – **фотографією**, – чорно-білою або кольоровою,

залежно від типу фотоплівки і технології хімічної фіксації (рис. 1.2). На цьому рисунку зображено схему системи технології запису-відтворення оптико-механічної реєстрації зображень.

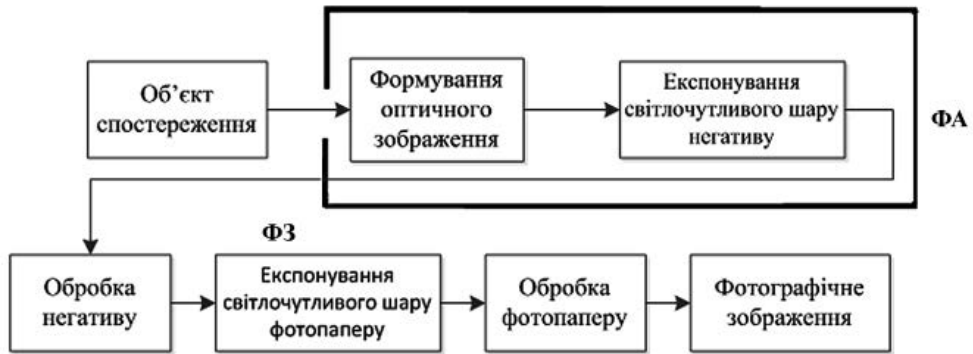


Рис. 1.2. Фотографічна система реєстрації нерухомих зображень:
ФА – фотоапарат, ФЗ – фотозбільшувач

1.1. Оптико-механічна реєстрація нерухомих зображень (фотографія)

Фотоапарати та принцип їх побудови

Сучасний фотографічний апарат є оптико-механічним точним приладом, що виконує функцію перетворення оптичного зображення об'єкту, який фотографують, в приховане зображення на світлочутливій фотоплівці.

Фотоапарат складено з корпусу, об'єктиву, затвору, видошукача, стрічко-протяжного механізму і інших допоміжних пристроїв (рис. 1.3).

Корпус фотоапарата – це світлонепроникна камера, призначена для розміщення фотоплівки та кріплення всіх складових і детальних одиниць. Його виготовляють з металу, пластмаси, дерева (останнє для великоформатних професійних студійних фотоапаратів). Для дизайну та збільшення терміну служби корпусу деяких фотоапаратів хромують. Якщо застосовують пластмасу, то лише термореактивну, тобто таку, що дозволяє точно зберігати взаємне розташування вузлів і деталей.

Корпус має різні конструкції (рис.1.4), де застосовано знімну задню стінку, що відкидається на шарнірі, або бічну, що зсувається, або торцеву тощо.

Об'єктив

Основним вузлом фотоапарата є об'єктив.

Об'єктив – оптичний прилад, що складено з системи лінз, розташованих в оправці, і призначений для отримання на світлочутливому матеріалі (фотоплівці) різкого і геометрично правильного зображення об'єктів.

У сучасній оптиці існує досить численна кількість лінз, які узагальнено можна навести двома групами за шістьма типами (рис. 1.5).

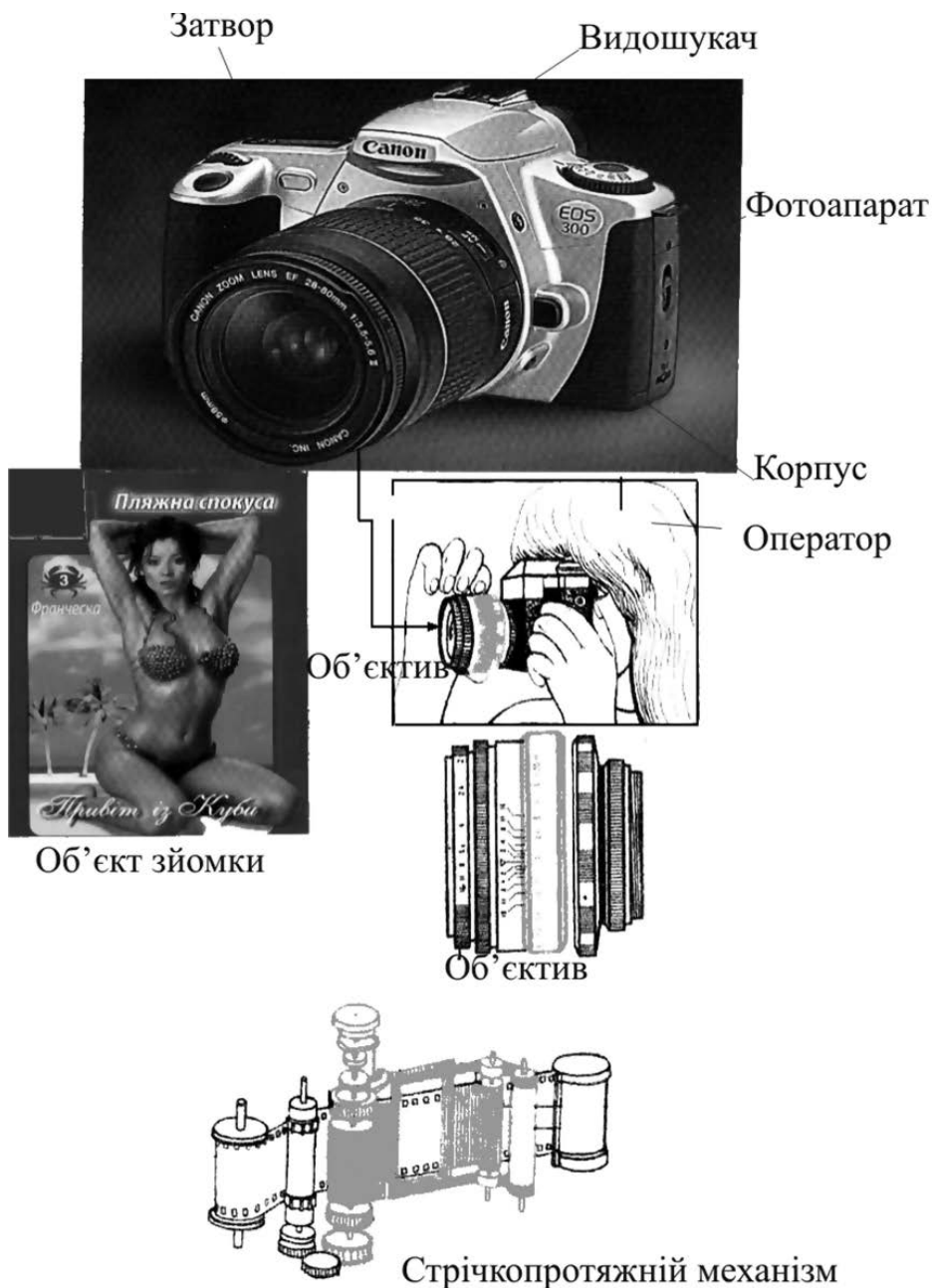


Рис. 1.3. Склад фотоапаратів

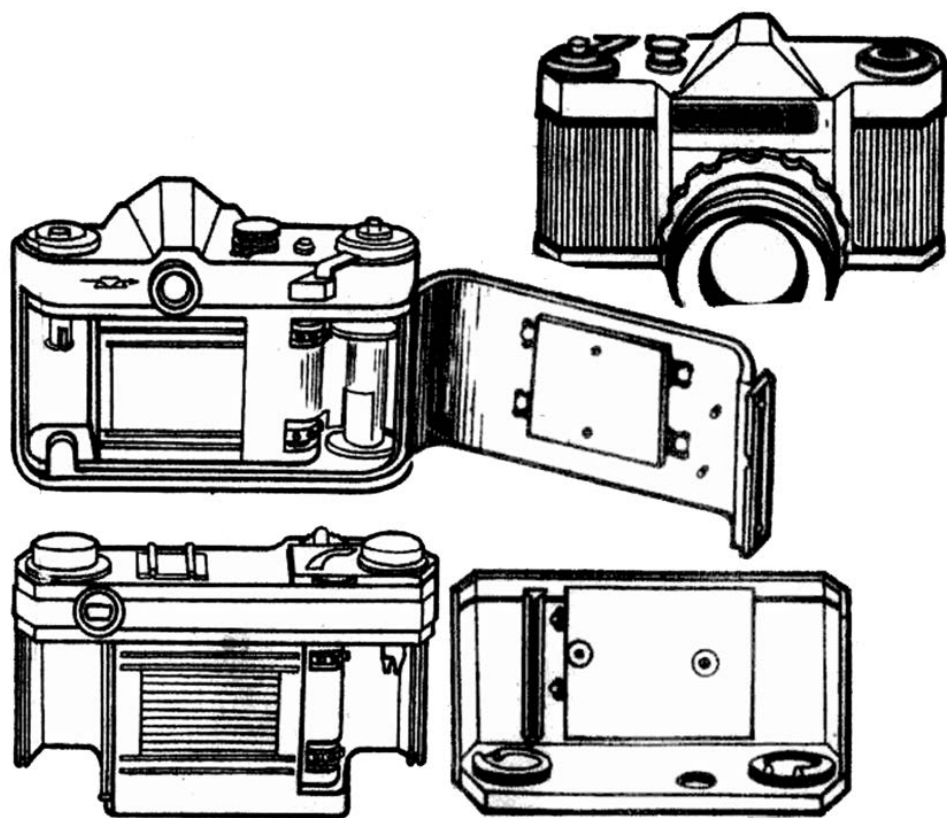


Рис. 1.4. Конструкції корпусів фотоапаратів

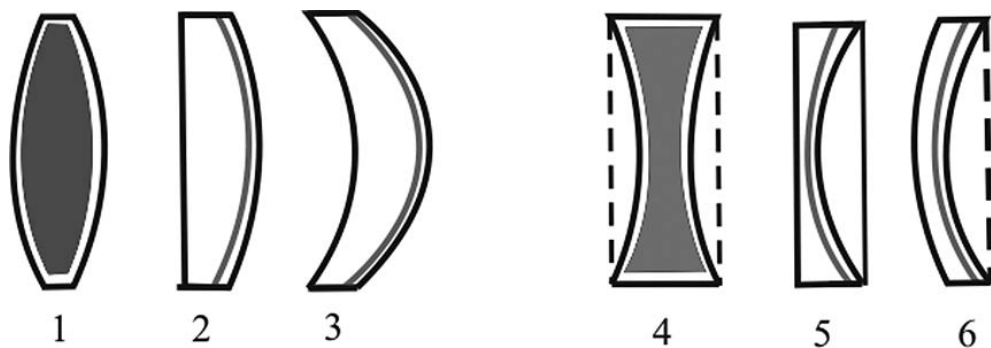


Рис. 1.5. Основні форми лінз, застосовних в об'єктивах:
збиральні: 1 – двоопуклі; 2 – плоско-опуклі; 3 – увігнуто-опуклі;
розсіювальні: 4 – двоввігнуті; 5 – плоско-ввігнуті; 6 – опукло-увігнуті

З метою виявлення оптичних можливостей цих груп лінз умовно розітнемо 1-у і 4-у лінзи на окремі призми невеликих розмірів (рис. 1.6). Заломлення світлових променів тут відбувається різним чином: у збиральній лінзи – основи

штучно отриманих розтином лінзи маленьких призм звернені до оптичної осі, отже, і світлові промені відхиляються до неї (промені збираються в точку); у розсіювальній лінзи основи призм розташовані до країв лінзи і світлові промені відхиляються від оптичної осі (промені розсіюються).

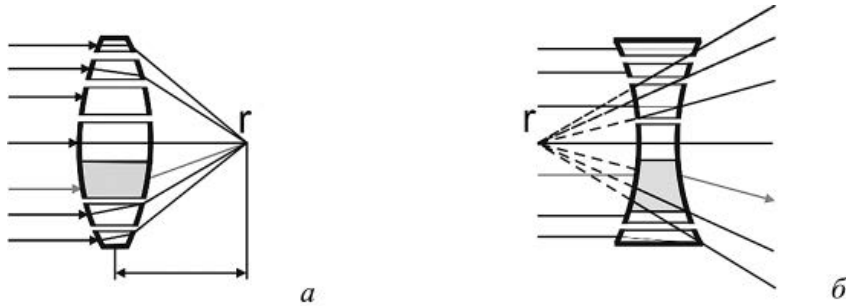


Рис. 1.6. Оптичні властивості:
а – збиральна лінза, б – розсіювальна лінза

Конструкції об'єктивів характеризує тривалий шлях еволюції (рис. 1.7). Починали з монокля – 1, поступово перейшли до ахромату – 2, перископа – 3, триплету – 4.

Останнім часом найбільшого поширення у фотографії набули анастигмати – 5 (рис. 1.7), як найбільш досконалі та практично позбавлені оптичних недоліків об'єктиви, що забезпечують чітке і геометрично правильне зображення сфотографованих предметів і явищ за всією площею кадру.

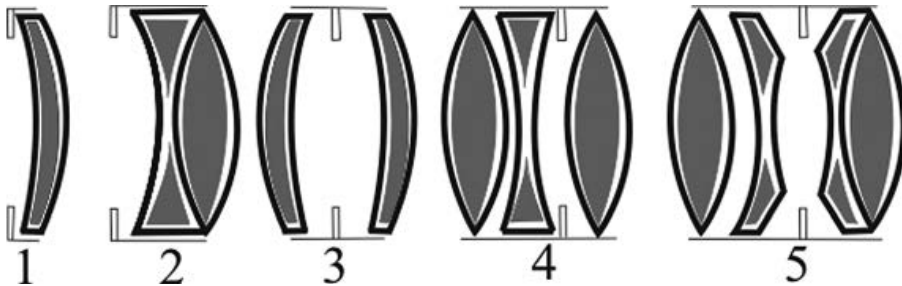


Рис. 1.7. Схеми фотооб'єктивів (в порядку вдосконалення конструкцій):
1 – монокуляр; 2 – ахромат; 3 – перископ; 4 – триплет, 5 – анастигмат

Сучасний об'єктив (рис. 1.8) складено з наступних основних частин: системи лінз, оправ, діафрагми, кільця діафрагми, пристрою наведення на різкість. Кожен об'єктив має певні оптичні характеристики. Розглянемо основні з них, знання яких необхідне фотографу: головну фокусну відстань, світлосилу, роздільну здатність, кут зображення. У деяких модифікаціях об'єктивів можуть бути додаткові пристрої або пристосування, що дозволяють розширити можливості використання таких об'єктивів для спеціальної зйомки різних об'єктів.

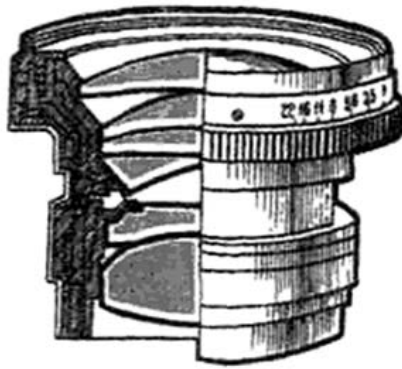


Рис. 1.8. Схема основних елементів об'єктиву

За призначенням і галуззю застосування фотоапарати можна розподілити на ширококутні, панорамні, стерео-фотоапарати, підводні. Ширококутний фотоапарат має жорстковлаштований ширококутний об'єктив. У панорамному фотоапараті ФТ-2 об'єктив під час експонування повертається навколо осі, що є перпендикулярною до його оптичної осі та проходить через задню головну точку (співвідношення сторін кадру не менше 2:1). Стерео-фотоапарат («Супутник») має два знімальні об'єктиви для отримання зображень одного і того ж предмету, які під час перегляду обома очима або за допомогою оптичного пристосування створюють стерео-ефект. До підводних відносять фотоапарат, герметизований для зйомки під водою.

Відомі також інші типи фотоапаратів. Так, наприклад, касетний фотоапарат призначено для зйомки на фотоплівку, що транспортується усередині касети; фотоапарат з внутрішньо камерною обробкою («Полярій», «Фотон») відрізняється тим, що в ньому фотографічний матеріал безпосередньо після експонування буде оброблено для отримання зображення.

Дзеркальні фотоапарати

Найбільш поширеним у професійній зйомці є дзеркальний фотоапарат. Це пристрій, в якому зображення у видошукачі утворено об'єктивом і дзеркалом, розташованим під кутом 45° за ходом променів об'єктиву, на матовому склі і фокусувальному елементі та призначений для наведення на різкість (рис. 1.9).

Дзеркальні фотоапарати розподіляють на одно-об'єктивні та дво-об'єктивні.

У одно-об'єктивному дзеркальному фотоапараті («Київ-19») об'єктив внаслідок дзеркального відбивання або світлоділення забезпечує також отримання зображення у видошукачі. Дзеркало, як правило, відхиляє і відбиває весь спрямований на нього потік світла. У окремих фотоапаратах воно частково пропускає світло. Розташовують дзеркало в корпусі фотоапарата так, щоб відстань від оптичної поверхні останньої лінзи об'єктиву до площини плівки

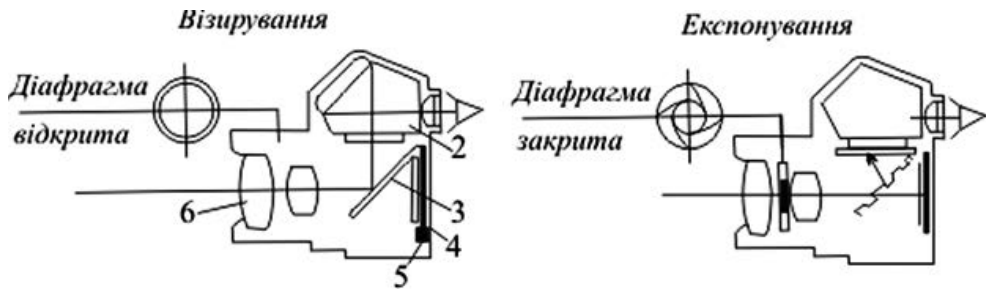


Рис. 1.9. Дзеркальний однооб'єктивний фотоапарат: 1 – окуляр; 2 – призматичний видошукач; 3 – дзеркало; 4 – затвор; 5 – фотоматеріал; 6 – об'єktiv

дорівнювала сумі відстаней від вказаної оптичної поверхні до відбивальної поверхні дзеркала та від дзеркала до робочої площини елемента оцінки різкості, розташованого у видошукачі. У одно-об'єктивному фотоапараті дзеркало має два фіксовані положення: нижнє – для візування, верхнє – для експонування фотоматеріалу (рис. 1.10). У більшості фотоапаратів використовують дзеркала, що автоматично обертаються.

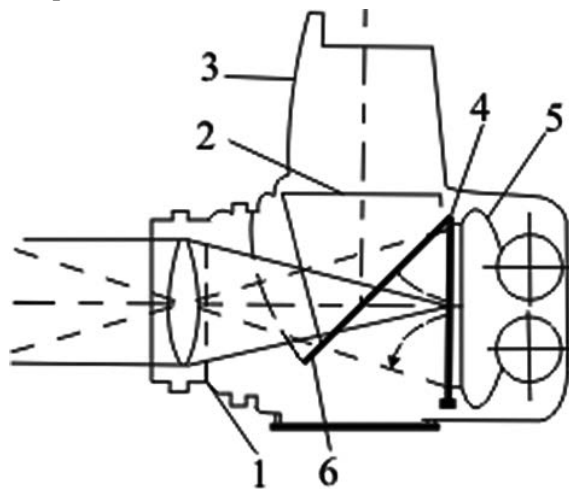


Рис. 1.10. Середньоформатний дзеркальний однооб'єктивний фотоапарат (із знімною касетою): 1 – апертурний затвор; 2 – фокусуючий екран; 3 – світлозахисна шахта; 4 – додатковий затвор; 5 – фотоматеріал; 6 – дзеркало

Авто-обертання забезпечено двома пружинами. Деякі фотоапарати мають пристрій для фіксації дзеркала у верхньому положенні, що необхідне під час роботи з надширококутним об'єктивом, за використання моторного приводу.

Для запобігання струсу фотоапарата під час роботи застосовують демпфувальні пристрої, що дозволяють реалізувати закон руху механізму дзеркала, за якого воно має мінімальні прискорення в крайніх положеннях.

Одно-об'єктивний дзеркальний фотоапарат дозволяє уникнути паралакса зображення, дає можливість використовувати змінні об'єктиви; зручний для зйомки рухомих предметів (забезпечується механізмами дзеркала, що авто-обертаються, і автоматизованої діафрагми), незамінний для фотографування зблизька, макрофотографії та фотомікрографії.

Найбільш популярним в СРСР був дзеркальний фотоапарат «Зеніт», який на міжнародній виставці в Лейпцизі здобув золоту медаль (рис. 1.11). Фотоапарат «Зеніт» є дзеркального типу з обертальною оптичною системою. Дане зображення – пряме (не дзеркально обернене). Окуляр має п'ятикратне збільшення.

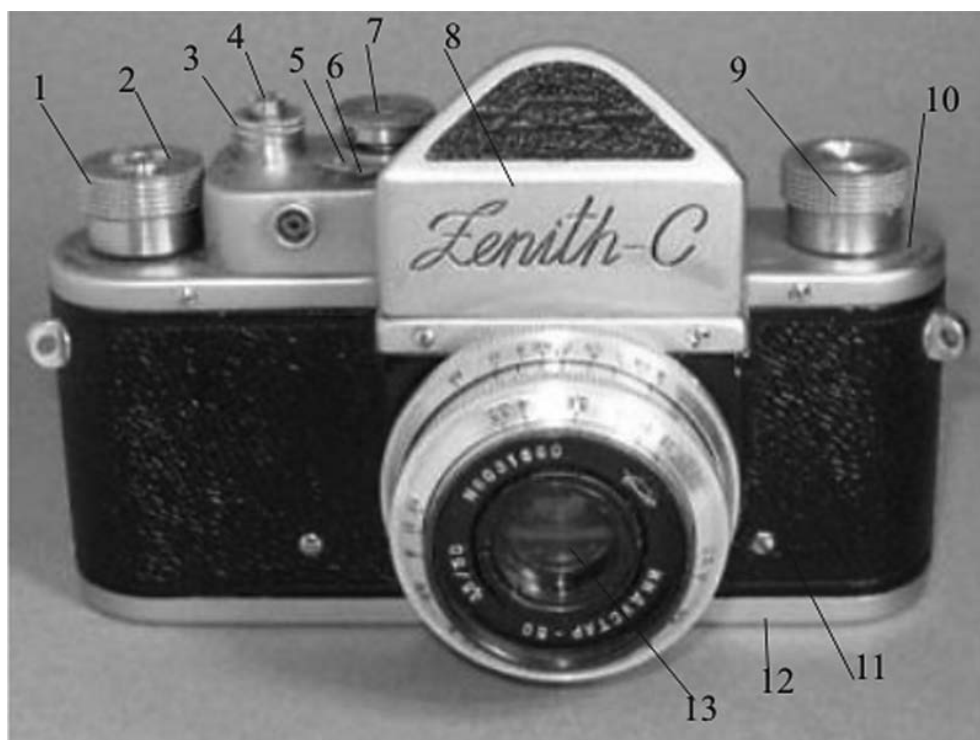


Рис. 1.11. Фотоапарат «Зеніт-С»: 1 – заводна головка; 2 – лімб;
3 – кільця; 4 – спускова кнопка; 5 – вимикач; 6 – гвинт; 7 – головка витримок;
8 – щіток; 9 – головка зворотного перемотування плівки;
10 – монтажна кришка; 11 – корпус; 12 – знімна кришка; 13 – об'єктив

Видиме в окулярі поле зору (розмір площини матового скла) 20x28 мм. Затвор шторний з витримками від 1/25 до 1/500 с і «В».

Подавання плівки блокують із механізмом взведення і лічильником кадрів. Фотоапарат забезпечено блокуванням спрацьовування затвора з підніманням дзеркала.

Фотоапарат комплектують об'єктивом «Індустар-22» в жорсткій оправі.

Наступним пристроєм у технологічному колі фотографії після хімічної фіксації зображення на фотоплівці (проявлення та закріплення) є фотозбільшувач (рис. 1.12), потрібний для друку, зазвичай, на фотографічному папері збільшених позитивних відбитків з негативу. Основними частинами фотозбільшувача є джерело світла і оптична система для рівномірного освітлення негативу та об'єктиву.

На рис. 1.12 показано пристрій, один з найпоширеніших для фотозбільшування у разі друку з плівкових негативів. Він дозволяє отримати позитивні зображення, що у декілька разів перевищують розміри негатива.

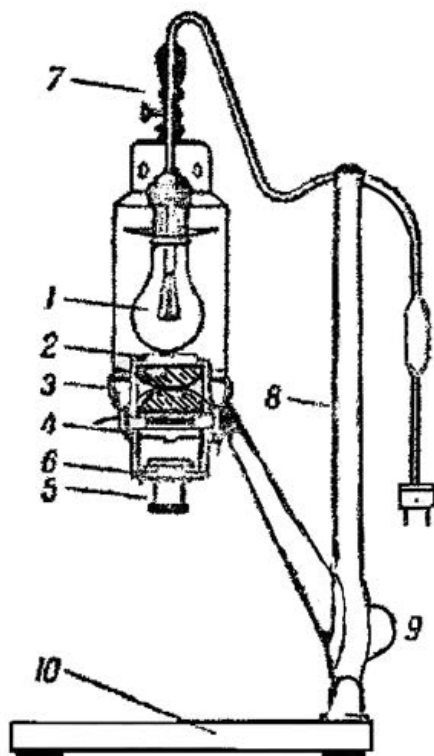


Рис. 1.12. Фотозбільшувач:

- 1 – електрична лампа; 2 – матове скло; 3 – дволінзовий конденсор;
- 4 – рамка для негативу; 5 – об'єktiv; 6 – кільце для фокусування об'єктиву;
- 7 – пристосування для регулювання положення лампи 1; 8 – штанга, вздовж якої можна пересувати ліхтар фотозбільшувача; 9 – стопорний гвинт;
- 10 – екран, на якому лежать листи фотопаперу при проєкційному друці

У фотозбільшувачі передбачена можливість фокусування об'єктиву. У деяких фотозбільшувачів є пристрій для нахилу негативотримача та (або) екранооснови, використовуване для трансформації зображення.

Відтворення нерухомих зображень без їх фіксації

Проекційний засіб відтворення нерухомих зображень без їх фіксації широко застосовано в побуті, де через спеціальний невеликий проектор **діаскоп**, можна на великому екрані проглянути позитивні плівки будь-яких діафільмів (казок, мультфільмів, сюжетів з родиною на відпочинку, виступи на наукових конференціях тощо), окремих кадрів у формі слайдів і багато іншого. Окрім того, на тих же наукових конференціях, симпозіумах часто застосовують відтворення нерухомих зображень у формі малюнків, графіків, різних схем, фотографій установок на великий екран без просвіту непрозорих оригіналів. Цей метод оснований на відбиванні променів світла в апаратах, іменованих **епіпроекторами**.

Діафільм – це серія чорно-білих або кольорових діапозитивів на кіноплівці, розташованих у заданій послідовності, об'єднаних загальною тематикою і забезпечених титрами. Інколи діафільми випускають з окремою фонограмою, на якій записано дикторський текст, музикальний супровід тощо. Різновидом діафільму є мікрофільм (див. *Мікрофільмування*). Зображення розглядають через фільмоскоп або діапроектором проєктують на екран. Розрізняють діафільми художні, документальні, науково-популярні, учбові. У СРСР діафільми випускала студія «Діафільм» (заснована у 1930 р. у Москві).

Діапозитив (від грецького *dia* – через і від латини *positivus* – позитивний) (слайд), позитивне зображення на прозорій безбарвній підкладці (склі або плівці), призначене для розгляду на просвіт або проєктування на екран. Діапозитиви можуть бути чорно-білими або кольоровими. Перші отримують друкуванням з *негативів* на позитивні плівки або пластинки, другі – зазвичай зйомкою на кольорових фото, або кіноплівки (див. *Фотоматеріали, що обертаються*). Кольорові діапозитиви можна також виготовити друкуванням з кольорових негативів на кольорову позитивну плівку або діапроектор.

Діапроектор (від грецького *dia* – через, крізь і від латини *projicio* – кидаю вперед) (кадропроектор, слайд-проектор), *проекційний апарат* для демонстрації зображень з прозорих оригіналів, діапозитивів, діафільмів). Складено з освітлювача, пристрою для установки та зміни діапозитивів і проекційного об'єктиву. Конструктивно, діапроектори розроблено так, що їх можна використати для проєктування або діапозитивів (слайдів), або діафільмів (мікрофільмів), або і того і іншого. Зміну діапозитивів здійснюють вручну (наприклад, в діапроекторі «Етюд», напівавтоматично – «Світязь», «Світязь-М») або автоматично за сигналом з пульта дистанційного керування – «Протон» або від пристрою програмного управління. Діапроектор з автоматичною та напівавтоматичною зміною діапозитивів оснащують діамгазинами. Об'єктив фокусують вручну або автоматично. Окрім вказаних в СРСР випускалися діапроектори «Альфа 35-50», «Екран», «Супутник».

Діаскоп (від грецького *dia* – через, *kriзь* і *skoreo* – дивлюся), оптичний прилад для розглядання *діапозитивів* на просвіт, є коробкою-корпусом, в одній із стінок якої є вікно зі світлорозсіювачем (екраном) і смуги-утримувачу для діапозитива. У центрі протилежної стінки укріплена лупа із 2-3 кратним збільшенням. Діапозитиви розглядають через лупу, за розташування діаскопу екраном до джерела світла. У конструкціях деяких діаскопів екран з зовнішньої сторони підсвічують, наприклад, лампою розжарювання. Діаскоп для розгляду стереоскопічних діапозитивів називають *стереоскопом* і є здвоєним діаскопом у одному корпусі. Діапозитиви розташовують в стереоскопі так, щоб ліве око бачило «ліве» зображення, а праве – «праве». Прилад, подібний діаскопу та пристосований для перегляду діафільмів, називають **фільмоскопом**.

Діамагазин – приставка до *діапроектора* для розміщення *діапозитивів* (вставлених в рамки) і зміни їх під час демонстрації. Розрізняють діамагазини прямокутні (коробкового типу) і кільцеві (барабанного типу). Коробковий діамагазин є лотком-касетою з осередками для діапозитивів. Лоток з'єднують з коробчастою рамою, в якій переміщується штовхач. Раму кріплять на корпусі діапроектора. Для зміни діапозитивів штовхач захоплює чергову рамку з діапозитивом і розташовує її біля проєкційного вікна діапроектора. За зворотного ходу штовхача діапозитив повертається в лоток. В результаті подальшого переміщення лотка перед штовхачем є осередок з черговим діапозитивом. У кільцевих діамагізинах (барабанного типу) рамки з діапозитивами розташовують у радіальних осередках кола барабана на корпусі діапроектора. Ємкість діамагізина від 20 до 100 діапозитивів і більше. Діамагізинами оснащені, наприклад, діапроектори типу «Світязь», «Протон», «Горизонт» (рис. 1.13).

Наприклад *діапроектор* «Протон» призначено для демонстрації *діапозитивів* з форматом кадру 24 x 36 мм в рамках 50 x 50 мм. Оснащений діамагазином на 20 діапозитивів. Зміну діапозитивів здійснюють вручну. Освітлювальну систему складено з лампи К-127/220-300-2 (127 або 220 В, 300 Вт), теплофільтру і три-лінзового конденсора з відбивачем, у поєднанні з проєкційним об'єктивом типу триплет (2,8/78 мм), забезпечує світловий потік 220 лм; коефіцієнт рівномірності освітленості екрану 0,6. Зображення проєктують на екран із збільшенням від 5 до 75^x. Має систему примусової вентиляція. Виготовляли в СРСР з 1969 до 1973 рр.

«Світязь» (рис. 1.14) – назва сімейства *діапроекторів* виробництва СРСР, назва базової моделі цього сімейства. «Світязь» призначено для демонстрації *діапозитивів* з форматом кадру до 24 x 36 мм у рамках розміром 50 x 50 мм, розміщених в прямокутному *діамагазині* ємкістю на 36 діапозитивів. Зміна діапозитивів у кадровому вікні здійснюють вручну. Освітлювальну систему «Світязь» складено з лампи КГМ-24-150, сферичного відбивача, теплофільтру і три-лінзового конденсора, з проєкційним об'єктивом триплет (2,8/78 мм), що забезпечує світловий потік не менше 350 лм. Збільшення в межах від 5 до 75^x. Живлення від мережі змінного струму напругою 220 В, споживана потужність 210 Вт. Передбачено застосування змінних об'єktivів. Виготовляли в СРСР з 1976 р.

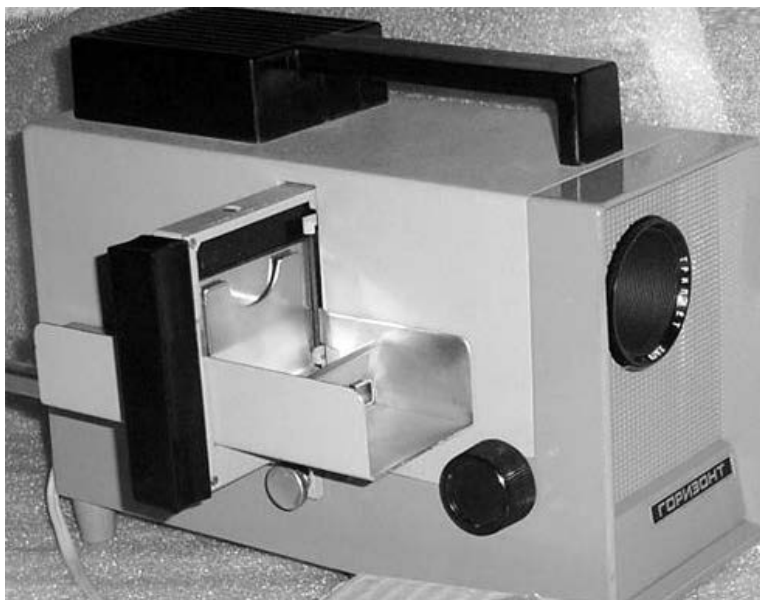


Рис. 1.13. Діапроектор «Горизонт»



Рис. 1.14. Діапроектор «Світязь»

«Світязь-М» – модифікація базової моделі «Світязь»; відрізняється від неї наявністю спеціальної приставки для демонстрації *діафільмів* на 35-мм плівці з форматом кадру 18 x 24 мм. Заміну кадрів здійснюють вручну. Світловий потік для кадру 18 x 24 мм – не менше 170 лм. Випуск розпочато з 1977 р.

«Світязь-авто» – наступна базова модель сімейства діапроекторів типу «Світязь», яку відрізняють від першої базової моделі способом зміни діапози-

тивів (вручну кнопкою на корпусі діaproектора або за сигналами з окремого пульта управління), фокусуванням об'єктиву (вручну і підфокусування з пульта дистанційного керування), а також збільшеним світловим потоком (не менше 400 лм).

У *епіпроекції* прозорих оригіналів використовують вбудовані дзеркальні відбивачі для збільшення світлового потоку (рис. 1.15).

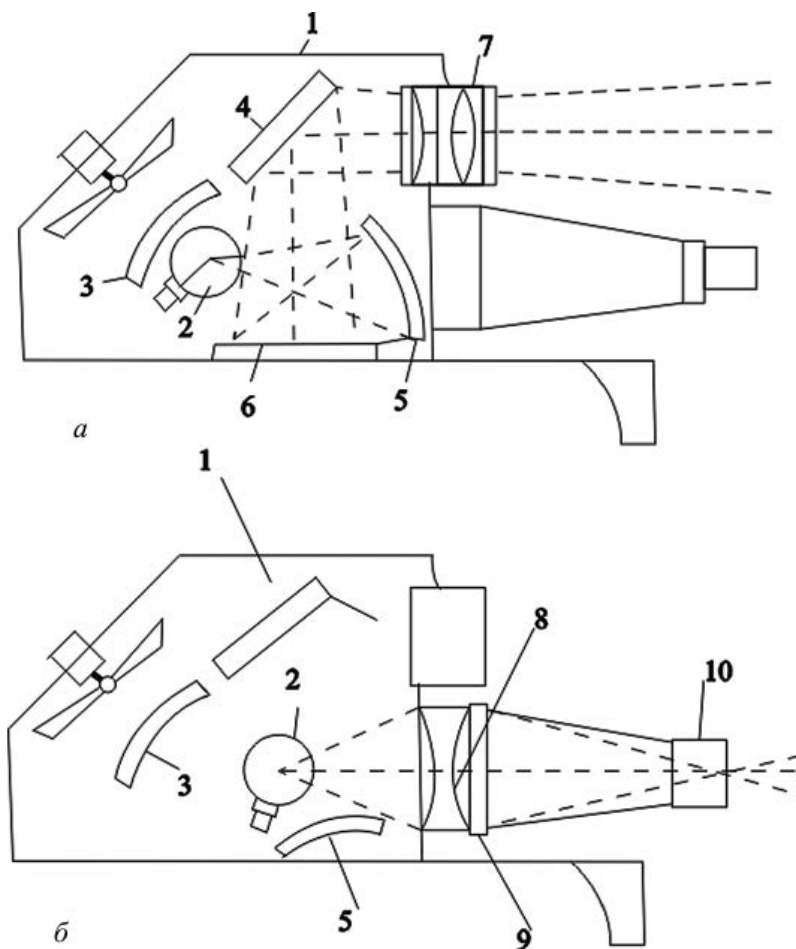


Рис. 1.15. Схема простого епідіaproектора в режимах роботи:
 а – епіпроекції; б – діaproекції: 1 – корпус; 2 – джерело світла;
 3 – сферичне дзеркало; 4 – плоске дзеркало; 5 – сферичне дзеркало;
 6 – непрозорий оригінал; 7 – об'єктив епідіaproектора; 8 – конденсор;
 9 – рамка для діaproзитива; 10 – об'єктив діaproектора; 11 – вентилятор

У СРСР випускали моделі: ЕПД-431, ЕПД-455.

ЕПД-431 призначено для проектування на екран непрозорих плоских слайдів розміром до 200 x 200 мм діaproзитивів (85x85, 85x105/120 мм). У епіді-

екції використовують об'єктив «Уран 42» (2,5/500 мм), діапроекції – «Уран-9» (2,5/250 мм).

Джерело світла – три лампи (у епіпроекції) або одна лампа К-13 (у діапроекції) – створює освітленість на екрані відповідно 7 лк (збільшення 10^{\times}) 125 лк (збільшення 20^{\times}).

ЕПД-455 призначено для проектування на екран непрозорих пласких оригіналів розміром 150 x 150 мм і діапозитивів (50 x 50, 70, 85 x 85, 85 x 105/120 мм) в аудиторіях, забезпечує проекційну відстань від 3 до 6 м. Для епіпроекції використовують об'єктив триплет (4,5/365), у діапроекції – «Індустар-51». Джерело світла – одна лампа ПЖ-13 створює освітленість 14 лк (у епіпроекції із збільшенням 10^{\times}) і 250 лк (у діапроекції із збільшенням 20^{\times}).

Обидва епідіапроектора призначено для проектування на екран діапозитивів розміром 50 x 50, 85 x 85 мм, непрозорих плоских оригіналів (140 x 140 мм), а також зображень кристалів, засушених рослин, комах тощо. У епіпроекції використовують об'єктив триплет (3,5/442 мм), у діапроекції – перископ (4,5/206 мм). Джерело світла – одна лампа ПЖ-13 – створює освітленість на екрані 8 лк (у епіпроекції із збільшенням 10^{\times}) і 200 лк (у діапроекції із збільшенням 20^{\times}).

Епіпроектор (від грецької ері – на та від латини проісіо – кидаю вперед) (епіскоп), *проекційний апарат*, що забезпечує проектування на екран зображень з непрозорих оригіналів (малюнків, фотографій). Проектований оригінал освітлено вбудованим освітлювачем. В епіпроекторі використовують світло-сильні проекційні об'єктиви (отвором до 1:1,5 – 1:2). Сильне тепловиділення в епіпроекторі вимушує використовувати в них пристрій охолодження. Епіпроектор часто є складовою частиною універсальних проекційних апаратів – епідіапроекторів.

Графопроектор – проекційний апарат для демонстрації на екрані зображень з прозорої рулонної або листової плівки. Розташування і розміри проектованого поля дозволяють наносити зображення на плівку, наприклад, фло-мастером безпосередньо під час проектування. У графопроекторах зазвичай застосовують такі проекційні об'єктиви, які дозволяють встановлювати графопроектор поблизу екрану. Використовують графопроектор у лекційній та викладацькій роботі. Оптична схема графопроектора дозволяє лекторові під час демонстрації зображення бачити аудиторію, зосередити увагу на лекції і не відволікатися для спостереження за зображенням на екрані, який знаходиться у нього за спиною.

У СРСР випускали декілька видів графопроекторів: наприклад ЕДІ-454, «Лектор-2000» та ін. ЕДІ-454 має розмір проектованого кадру 140 x 116 мм і забезпечує збільшення 9– 20^{\times} ; об'єктив «Індустар-51» (4,5/210 мм), джерело світла – лампа ПЖ-220/500, що забезпечує світловий потік не менше 450 лм. «Лектор-2000» має розмір проектованого кадру 250 x 250 мм і забезпечує збільшення 4 – 10^{\times} , об'єктив перископ (4,6/365 мм), джерело світла – лампа КГМ-230-800), що забезпечує світловий потік не менше 500 лм.

1.2. Оптико-механічна реєстрація рухомих зображень (кінематографія)

У кінематографічній системі (рис. 1.16) відтворюють рухомі об'єкти без розмиву. Ця система заснована на злитому сприйнятті зображень, що змінюються в часі. Окреме зображення називають кадром, а проміжок часу між зміною окремих кадрів складає *тривалість кадру*.



Рис. 1.16. Кінематографічна система

Оптичне зображення об'єкту шляхом покадрового експонування світлочутливого шару негативної кіноплівки перетворено в приховане зображення (перетворення «світло – сигнал»). Потім проявляють негатив, експонують позитив, обробляють проміжний позитив, експонують і проявляють контрастип і позитив фільмокопії (відбувається перетворення «сигнал – сигнал»). Оптична проекція послідовності кадрів фільму на екран утворює кінематографічне зображення (перетворення «сигнал – світло») (рис. 1.17).

Для відтворення зображення рухомих об'єктів без спотворень необхідно підтримувати певну частоту зміни кадрів під час знімання і проекції, а також фазування кадрів щодо рамки кадру. Синхронність частоти зміни кадрів і синфазність кадрів досягають постійністю швидкості руху кіноплівки під час знімання і забезпечення введенням перфорації, фіксованого міжкадрового інтервалу і обмежувальної рамки. У кінематографічній системі витрачають відносно тривалий час на оброблення кіноплівки. Зйомка і проекція розділені в часі. Тому кінематографічний процес не дозволяє передавати зміни на об'єкті в реальному часі. Проте фіксація оптичних зображень на кіноплівку дає можливість тривалого зберігання і багаторазового відтворення зображень.

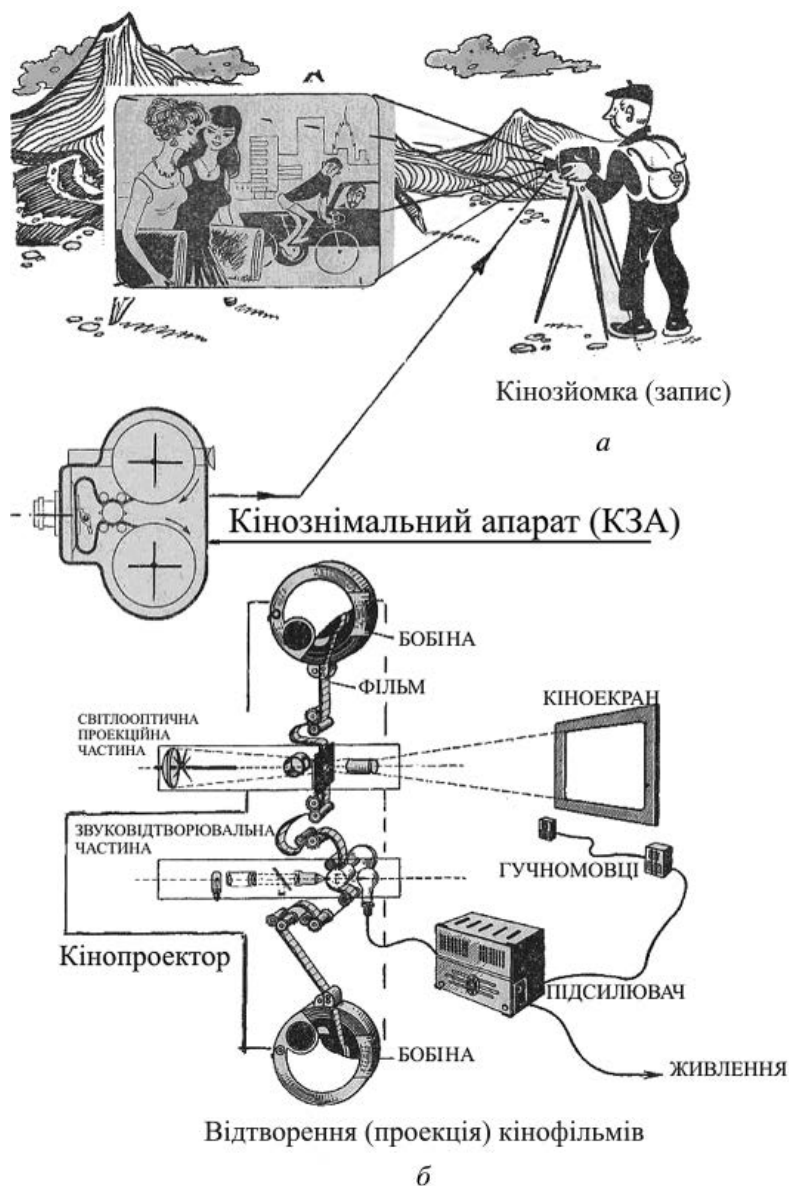


Рис. 1.17. Початковий і завершальний етапи реєстрації рухомих зображень:
a – кінозйомка (запис); *б* – відтворення (проекція) кінофільмів

Кінозйомка (запис) і техніка для неї

Фотографічну фіксацію на світлочутливий матеріал – перфоровану кіноплівку (негативну) рухомих зображень називають кінозйомкою. В процесі кінозйомки відбувається перетворення оптичного зображення об'єкту в приховане фотографічне зображення.

Кінозйомка відрізняється від фотографування тим, що її виконують на плівку, що рухається переривчасто із заданою частотою зміни кадрів. Кінозйомку виконують у фільмовому каналі кінознімального апарату, якій називають кінознімальна камера.

Кінознімальним апаратом є світлонепроникний корпус 1, усередині якого розміщено деталі та вузли, а світлочутливу негативну кіноплівку 2, змотану в рулон 3, розміщують у світлонепроникну касету (рис. 1.18), звідки зубчасті барабани 5 МТС в процесі кінозйомки перемотують на приймальний рулон 4 (окремих котушок або розташованих у касеті). Під час просування з подавального рулону 3 на приймальний 4 кіноплівка проходить через фільмовий канал 6, в якому є прямокутний виріз 7 – кадрове вікно. Розміри та форма вирізу дорівнює одному кадру знімка, що отримано на негативній кіноплівці 2. У кадровому вікні, ділянка кінострічки засвічується (експонується) світлом, яке відбивається від об'єкту зйомки і потрапляє в кадрове вікно. Об'єкти 8 створює перевернуте зменшене зображення об'єкту, якій знімають, в площині кіноплівки.

Кіноплівка пересувається відносно кадрового вікна механізмом переривчастого руху 9 – рейфера так, що деякий проміжок часу вона нерухома у момент засвічення (експонування) світлом від об'єкту, що знімається (показаний стрілкою 1-11). Якби кіноплівка 2 переміщувалася в кадровому вікні безперервно, то отримати достатньо різке зображення об'єкту, якій знімають, було б неможливо і зображення було б нерізким (змазаним). Тому під час знімання рухомих об'єктів вибирають інтервал дії світла на світлочутливу кіноплівку (час експозиції) достатньо малий, щоб за цей час предмет і його зображення на кіноплівці майже не перемістилися, що не викликало б помітної для ока нерізкості фотографічного зображення. Фільмовий канал призначено для утримання кіноплівки у визначеній певній площині щодо кінознімального об'єктиву 8 в момент експонування (засвічення) внаслідок фрикційної фіксації між його підпружиненими полозами і точною фіксацією зубами рейфера 9.

Механізм рейфера 9 призначено для переривчастого пересування кіноплівки у фільмовому каналі 7 у моменти, коли світло від об'єктиву перекриває обтюратор 10, тобто частоту зміни кадрів забезпечує саме механізм рейфера. Механізми рейферів відносять до однофазних на відміну від мальтійських механізмів, які є багатофазними. У однофазних механізмах кінець циклу, тобто зупинка кожного кадру після його зміни, здійснено одним і тим же елементом. У механізмах рейферів це відбувається завжди у мить, коли найбільший радіус кулачка досягає крайнього нижнього положення. У багатофазних мальтійських механізмах зупинку кожного кадру визначено кожного разу іншою лопаттю мальтійського хреста (кількість лопатей зазвичай дорівнює чотирьом). У техніці виконати декілька розмірів виробу абсолютно однаковими за значенням практично неможливо. В цій ситуації це означає, що кожного разу зупинки кінострічки кінокадри не будуть слідувати один за одним. Під час є деяка похибка, обумовлена точністю виготовлення механізму. У кінознімальній апаратурі

застосовують лише механізми грейферів бо вони є меншої маси, габаритних розмірів та прості за конструкцією (рис. 1.19).

Привод кінознімального апарату (КЗА) служить для приведення в дію всіх рухомих елементів механізму транспортування стрічки (МТС): зубчастих барабанів 5, обтюратора 10, механізму грейфера 9, приймального рулону 4 з кінострічкою. В аматорських і високо-економічних космічних КЗА застосовують приводи від пружинних спіральних двигунів, а в більшості професійних КЗА застосовують привод від електродвигунів постійного струму для ручних або змінного струму для студійних КЗА (рис. 1.18).

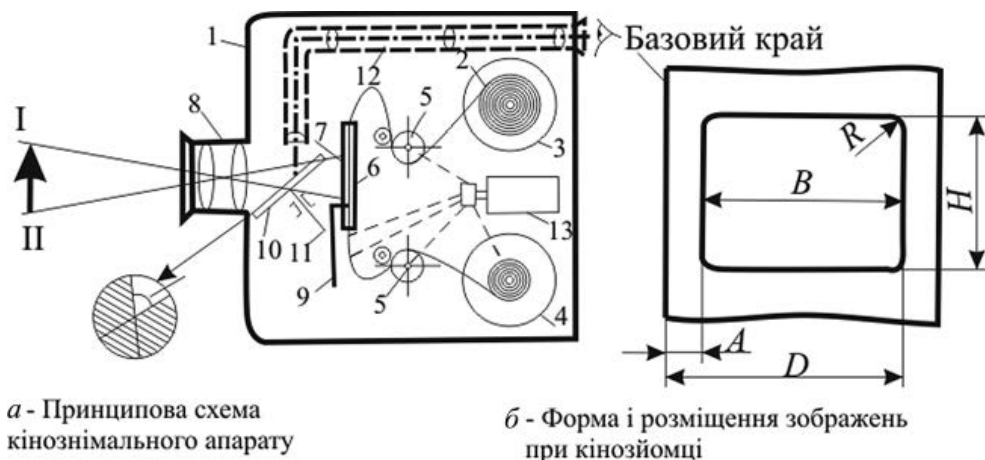


Рис. 1.18. Пласке виконання кінематичної схеми КЗА:

- a* – принципова схема кінознімального апарату;
- б* – форма і розміщення зображень при кінозйомці
- 1 – світлонепроникний корпус; 2 – негативна кіноплівка; 3 – рулон;
- 4 – приймальний рулон; 5 – зубчастий барабан; 6 – фільмовий канал;
- 7 – прямокутний виріз каналу; 8 – об'єктив; 9 – грейфер; 10 – обтюратор;
- 11 – привод обтюратора; 12 – видошукач

Приймально-подавальні вузли КЗА призначено для:

- розміщення повного не експонованого рулону 3 кіноплівки на верхньому подавальному фрикціоні і порожнього спочатку та після експонування відзнятої плівки в рулоні за фільмовим каналом;
- створення натягнення до та після фільмового каналу на подавальному і приймальному рулонах, яке забезпечує на приймальному рулоні задану щільність намотування без ковзання витків один відносно одного, що запобігає подряпинам на сюжетній частині кінофільму. На подавальному рулоні натягнення або немає, або його в професійних КЗА забезпечують невеликим.

Приймально-подавальні вузли професійних КЗА зазвичай є фрикційними дисковими веденими муфтами, частина яких має пасковий привід від джерела обертання (електродвигуна або пружин), а ведені частини фіксовано сполучені з осердям або катушкою рулонів кінострічки.

Механізм грейфера, механізм стрибкового руху, який пересуває кіноплівку на крок кадру за допомогою кінематичної ланки, називають *г р е й ф е р о м* (від нім. greifen – хапати), що має для цього один або декілька зубців. Якщо зубці грейфера розташовано один за одним уздовж одного ряду перфорації кіноплівки, то вони утворюють, так звану, гребінку грейфера; якщо ж зубці є проти обох рядів перфорації, то утворюють пилку грейфера. Зубці грейфера здійснюють зворотно-поступальний рух за замкнутою траєкторією, як правило, в одній площині. Ідеально вважають прямокутну траєкторію з чітко розділеними тактами (фазами) (рис. 1.19):

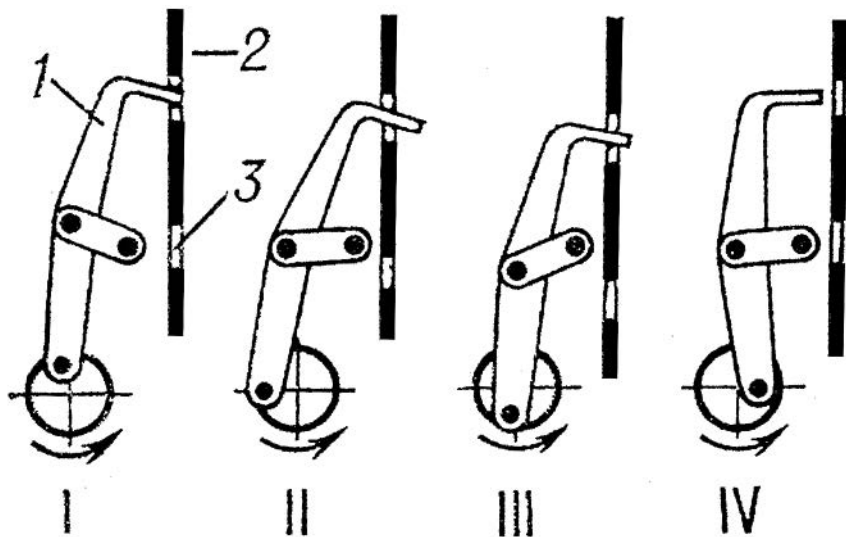


Рис. 1.19. Траєкторія руху грейфера: I, II, III, IV – фази руху;
1 – грейфер; 2 – кіноплівка; 3 – перфораційний отвір

I – зуб грейфера входить в перфорацію; II – кіноплівку протягують грейфером на один кадр – робочий хід; III – переміщення кіноплівки закінчене, зубець грейфера виходить з перфорації; IV – грейфер повертають у початкове положення – холостий хід.

Кіноплівку протягують в той момент, коли кадрове вікно перекрите обтюратором. Грейферний механізм і обтюратор працюють узгоджено, від точності їх роботи залежить стійкість зображення на екрані.

Найбільш поширені кривошипний і рамково-кулачковий грейферний механізми.

У *к р и в о ш и п н о м у* грейферному механізмі грейфер переміщують за кривошипом, що обертається. Рухаючись замкнутою траєкторією, зубець грейфера входить у перфорацію кіноплівки і переміщує її на один кадр.

У *р а м о ч н о - к у л а ч к о в о м у* грейферному механізмі приводним колом є три-бічний кулачок, що обертається навколо нерухомої осі. Кулачок

знаходиться усередині рамки (забезпеченою вилкою грейфера), яка під час обертання кулачка здійснює зворотно-поступовий рух і своїми зубцями переміщує кіноплівку. Принцип дії грейферного механізму можна проілюструвати на прикладі кривошипного грейферного механізму (рис. 1.20). Бажане переміщення грейфера забезпечено кривошипом, що обертається, і допоміжного кола, балансира або паза на нерухомій напрямній. Іноді нерухома напрямна не має паза, в цьому випадку грейфер до напрямної притискають спеціальною пружиною.

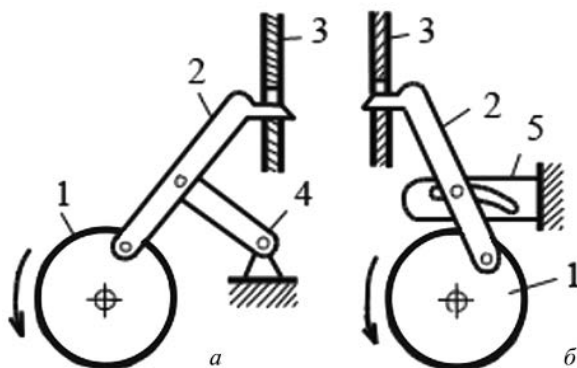


Рис. 1.20. Схеми кривошипних механізмів грейферів:
а – з балансиrom; *б* – з нерухомою напрямною; 1 – кривошип; 2 – грейфер;
 3 – кіноплівка; 4 – балансир; 5 – нерухома напрямна

Іноді грейферний механізм доповнюють контргрейфером (рис. 1.21). Після того, як кіноплівка просунута на один кадр, зубець контргрейфера входить в перфорацію і своїми скосами забезпечує необхідний додатковий зсув кіноплівки, фіксуючи її в певному положенні відносно знімального або проєкційного об'єктиву в момент експонування або проєктування зображення.

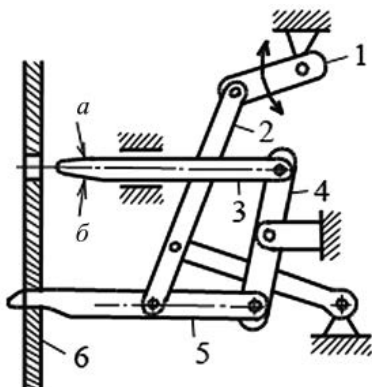


Рис. 1.21. Схема механізму грейфера з контргрейфером: 1 – кривошип; 2 – шатун;
 3 – контргрейфер (*а* і *б* – скоси); 4 – коромисло (сполучає грейфер з контргрейфером);
 5 – грейфер; 6 – кіноплівка

За конструктивним виконанням КЗА розподіляють на **ручні** (для кінозйомки з рук), **плечові** (для кінозйомки з плеча) і **штативні** (для кінозйомки з штатива). Розглянемо деякі приклади конструкцій цих КЗА і особливості основних вузлів і оптичних систем. У практиці вітчизняного і зарубіжного фільмовиробництва зйомку виконують з рук (ручні), з плеча (плечові) і з штатива (штативні КЗА). Природно, що ручні і плечові КЗА за необхідності можна використовувати і для зйомок зі штатива. Встановлено, що найбільш охоче кінооператори використовують ручні апарати, навіть якщо проводять вони зйомку як з рук, так і зі штатива. Маса ручних КЗА не повинна перевищувати 6 кг, а рівень акустичного шуму не більше 40-45 дБа. Плечовий КЗА повинен мати масу, що не перевищує 10 кг, а рівень шуму не більше 32-35 дБа. До маси штативних КЗА не ставлять жорстких вимог, але бажано щоб маса їх була не більше 25-30 кг, а рівень шуму не перевищував 26 дБа (рис. 1.22).

Ручні кінознімальні апарати

З ряду ручних КЗА для професійного кінематографа головне місце по праву належить апарату «Конвас-автомат». Створений більше сорока років тому талановитим радянським конструктором В.Д. Константіновим, він широко увійшов до практики вітчизняного фільмовиробництва, став одним з основних знарядь виробництва кінооператорів документального, науково-популярного і художнього кінематографа.

За тривалий період випуску апарату вдосконалена його конструкція, значно покращені технічні параметри, розширені технологічні можливості.

В недавньому минулому випускались дві моделі апарату «Конвас-автомат»: 1КСР-1М з револьверною головкою на три об'єктиви і 1КСР-2М з одним об'єктивотримачем.

Призначення і технічні характеристики. Ручний апарат «Конвас-автомат» моделей 1КСР-1М і 1КСР-2М призначений для зйомок з рук або легкого штатива звичайних і широкоекранних кінофільмів на чорно-білій або кольоровій кіноплівці (рис. 1.22, а).

Відтворення (проекція) кінофільмів і техніка для нього

Відтворенням рухомих зображень з гнучкого носія інформації (кінострічки) для кіно є проекція зображення на кіноекран.

Показ на екрані збільшених зображень послідовно і швидкозмінних кадрів фільму називають проекцією фільму, або кінопроекцією.

Апарат, що відтворює фільми з проекцією на екран, називають кінопроекційним апаратом, або кінопроектором. Апарат, що відтворює зображення з проекцією на екран, звук з фонограми, називають звуковим кінопроектором.

На рис. 1.23 наведено схему звукової кінопроекції. Фільм (позитивна кіноплівка) 1, протягують з бобіни (котушки) 2 зубчастим барабаном кінопроектора 3, що рівномірно обертається, та після петлі, подають у фільмовий канал 4.

Світло від джерела світла 5 через оптичну систему 6, яку складено, зазвичай, з лінз або дзеркала, освітлює кадрове вікно 7 фільмового каналу. Переривчасте просування фільму в каналі виконує зубчастий барабан 11 мальтійського механізму (рис. 1.24).

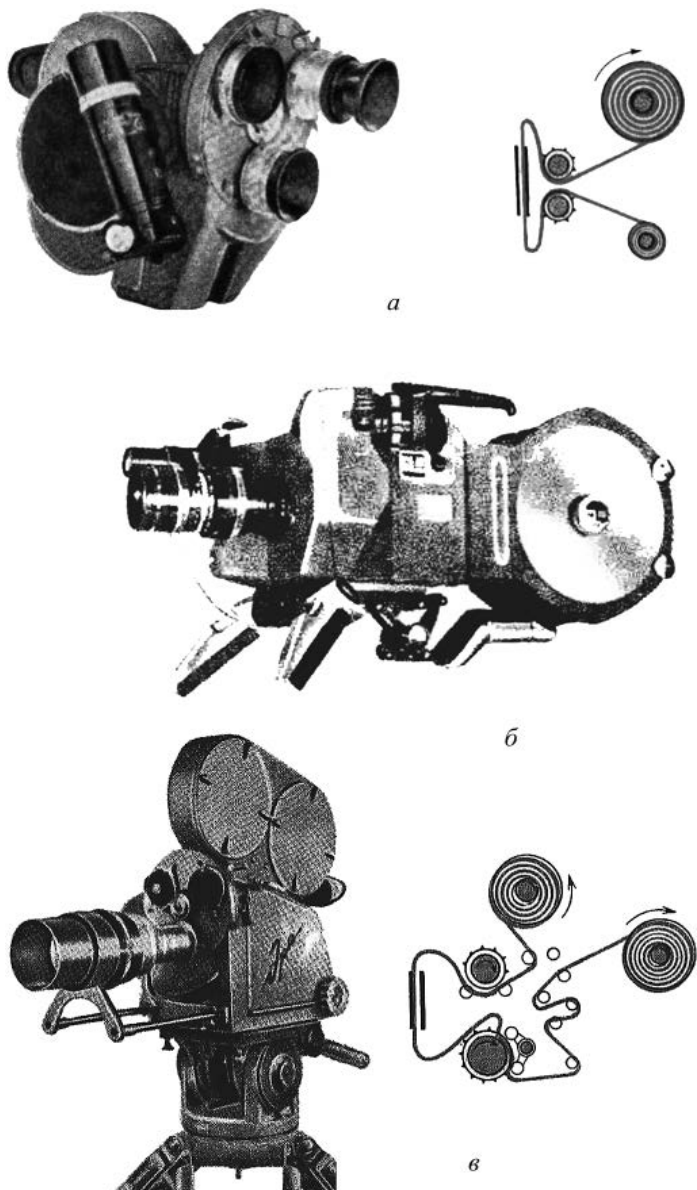


Рис. 1.22. Конструктивне виконання кінознімальних апаратів:
а – ручний (кінознімальний апарат «Конвас-автомат»; *б* – плечовий (кінознімальний апарат «Марк-III»; *в* – штативний (кінознімальний апарат «Ера»

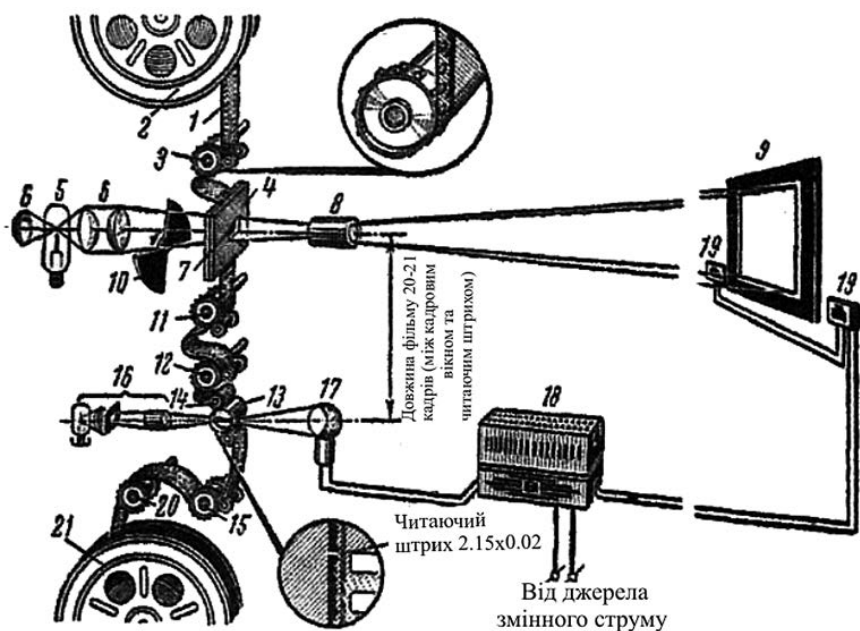


Рис. 1.23. Схема звукової кінопроекції:

- 1 – позитивна кіноплівка; 2, 21 – бобіна (катушка);
 3, 11, 12, 15, 20 – зубчастий барабан кінопроектора; 4 – фільмовий канал; 5 – джерело світла;
 6 – оптична відеосистема; 7 – кадрове вікно; 8 – об'єктив; 9 – екран; 10 – обтюратор;
 13 – оптичний ролик; 14 – притисковий ролик; 16 – оптична аудіосистема;
 17 – фотоелемент; 18 – аудіопідсилювач; 19 – гучномовці

Мальтійський механізм

Механізм (рис. 1.24), який забезпечує переривчастий рух фільму у фільмовому каналі, називають механізмом переривчастого руху. У кінопроекційній апаратурі переважно поширені мальтійський і рейферний механізми.

У кінопроекторах для 35 мм і 70 мм фільмів застосовують мальтійський механізм, а рейфер встановлюють тільки у вузькоплівкових кінопроекторах.

Мальтійський механізм складено з двох вузлів: вузла опорного барабана з ексцентричним пальцем і вузла мальтійського хреста. На валу опорного барабана розміщено зубчасте колесо і опорний барабан з 90°-ю виїмкою для входу лопатей мальтійського хреста. На валу останнього встановлено 16-ти зубчастий стрибковий барабан (20-ти зубчастий для широкоформатних фільмів). Мальтійський хрест має чотири лопаті – виступи з пазами. Від приводного механізму кінопроектора зубчасте колесо з маховиком отримує рівномірне обертання, під час кожного оберту фіксувального барабана, палець входить у паз лопаті, та повертає стрибковий барабан на одну четверту частину (рис. 1.25). Одна чверть оберту відповідає повному періоду роботи мальтійського механізму. За один період можна розрізнити чотири фази роботи: перша фаза – палець

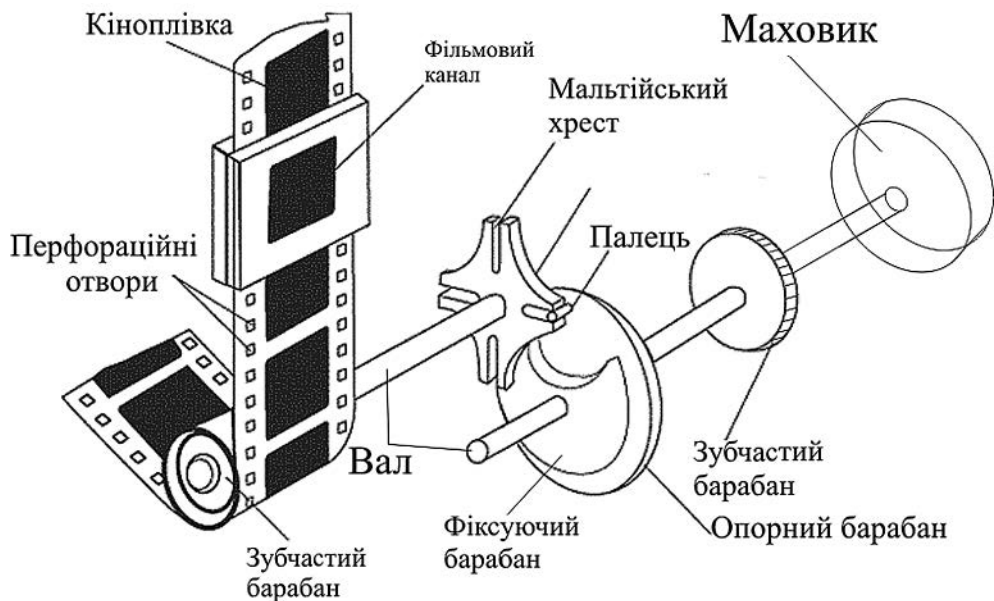


Рис. 1.24. Принципова схема мальтійського механізму

входить в паз лопаті, друга – рухається в глиб паза лопаті мальтійського хреста, палець здійснює першу половину оберту хреста, третя – палець виходить з паза лопаті мальтійського хреста, здійснюючи другу половину оберту хреста, четверта фаза – палець є за межами паза лопаті хреста. Таким чином, просування кінострічки барабаном (робочий хід) відбувається стрибками в 1-й, 2-й і 3-й фазі роботи мальтійського механізму. У 4-й фазі хрест нерухомий, тому кінострічка також нерухома.

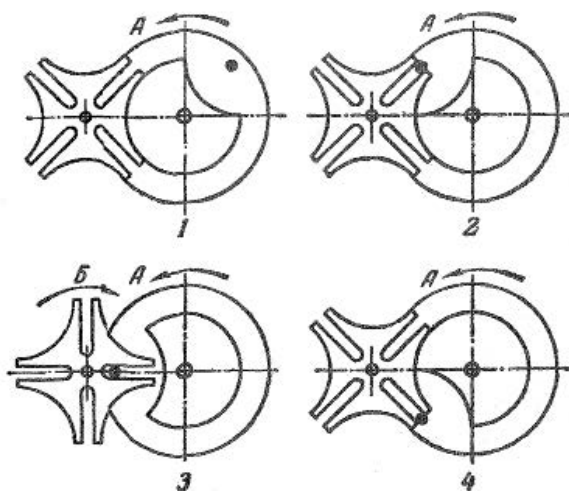


Рисунок 1.25 – Фази роботи мальтійського механізму

Склад, типові вузли і пристрої механізму транспортування стрічки кінопроекційної апаратури

Кожен кінопроектор має пристрій для транспортування кінофільму, сукупність яких утворює стрічкопротяжний механізм, що потрібен для розмотування, безперервного та переривчастого пересування і намотування кінофільму. Стрічкопротяжний механізм, або механізм транспортування стрічки (МТС) будь-якого кінопроектора містить зубчасті барабани, фільмові канали, ролики, бобіни, пристрої що направляють, механізм переривчастого руху кінофільму у фільмовому каналі, стабілізатор швидкості, що забезпечує рух фільму з необхідним ступенем рівномірності щодо читального штриха, або магнітної головки і, нарешті, пристрій для намотування фільму на бобіну – намотувач плівки.

Для передавання руху від електродвигуна до деталей і вузлів стрічкопротяжного механізму призначено приводний механізм кінопроектора.

Окрім того, зазвичай, нормальна робота кінопроектора не може бути забезпечена без допоміжних пристроїв, до яких відносять: механізм для поєднання кадру з кадровим вікном, обтюраторні пристрої, протипожежні пристрої, пристрої для автоматизації процесу демонстрації кінофільмів тощо.

У склад механізму проектора входять також, за аналогією з магнітним записом, елементи відтворення зображення з кіноплівки: освітлювальне-проекційна система (лампи світлового потоку, конденсори, проекційна оптика – об'єктив, оптика, що читає, обтюратор тощо). У механізмі транспортування стрічки апаратів магнітного запису елементи запису-відтворення інформації входять як органічне ціле, тому вважають, що в загальну механіку кінопроекційного апарату вони також входять складовою частиною, без якої пристрій непрацездатний.

Розглянемо нижче будову і роботу всіх складових вузлів механізмів кінопроекційної апаратури (КПА).

Фільмові канали. Призначення фільмових каналів кінопроекторів

Фільмовий канал – один з основних вузлів стрічкопротяжного механізму. Для того, щоб зображення кадру на екрані було різким і стійким, проєктований кадр повинен знаходитися в строго певному положенні щодо проекційного об'єктиву і не зміщуватися у момент проекції як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках. Це забезпечує вузол стрічкопротяжного механізму, який називають фільмовим каналом. Фільмовий канал – це направляючий жолоб, в якому кінофільм може переривчасто просуватись механізмом переривчастого руху кінострічки.

В основі фільмового каналу є кадрове, або експозиційне вікно.

Кадрове вікно – отвір встановлених розмірів, форми і положення в деталі фільмового каналу, що визначає розміри кадрів при кінозйомці, розміри відтвореного зображення частини кадру під час переривчастого руху кінострічки у проекторі.

Стационарні кінопроектори з плівкою 35 і 70 мм

На рис. 1.26 наведено зовнішній вигляд кінопроектора типу КП-15. Усередині порожнистої тумби 1 розміщено механізм нахилу оптичної осі кінопроектора, блок електроуправління кінопроектором, а також примусова вентиляційна система повітряного дуття дугової лампи.

Стрічкопротяжний тракт кінопроектора закритий з вікном для спостереження за ходом фільму в процесі роботи.

На рис. 1.27, а наведено схему руху 35-мм звичайного і широкоекранного кінофільму з фотографічною фонограмою, а на рис. 1.27, б – 70-мм широкоформатного фільму з магнітними фонограмами.

Через стрічкопротяжний механізм кінопроектора кінофільм транспортують зубчасті барабани двох форматів (рис. 1.27).

Каретки притримувальних роликів виконані таким чином, що при переході на інший формат кінофільму необхідно їх повернути на 180°. Направляльні ролики, так само як і зубчасті барабани, – двоформатні з робочими поясками для 35-мм і 70-мм кінофільмів.

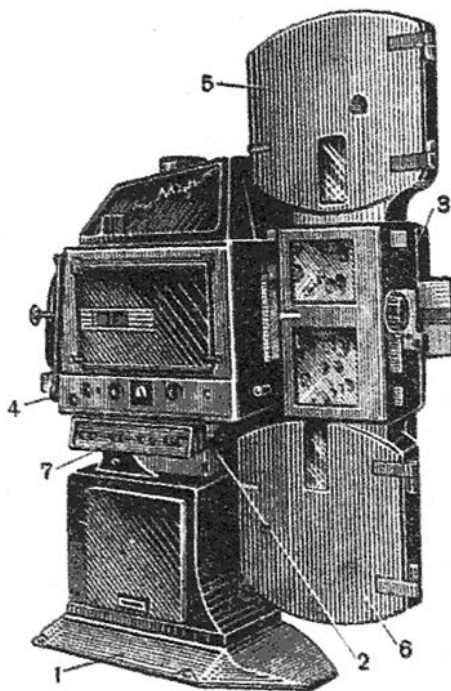


Рис. 1.26. Кінопроектор КП-15:

1 – станина; 2 – система охолодження; 3 – стрічкопротяжний механізм;
4 – панель керування; 5, 6 – відповідно приймальна та подавальна бобіни

Кінопроектор забезпечено двома змінними фільмовими каналами, кожен з яких розраховано на один формат кінофільму (70 або 35 мм). У разі переходу на інший формат кінофільму замінюють корпус фільмового каналу, притискні сталеві стрічки і кашетку з кадровим вікном, 35-мм звичайний і широкоекранний. Кінофільм з фотографічною фонограмою з барабана, що тягне, *1* (рис.1.27, *а*) поступає безпосередньо на другий зубчастий барабан *2*, утворює петлю та поступає в криволінійний фільмовий канал *3*, де переривчасто транспортується зубчастим стрибковим барабаном *4*, і, знову утворює петлю та поступає на зубчастий барабан *5*. Далі кінофільм огинає гладкий барабан *6*, блок стабілізатора швидкості *7*, поступає на затримувальний зубчастий барабан *8*, а потім плівку намотує на приймальну бобіну.

70-мм широкоформатний кінофільм після тягнучого барабана *1* (рис. 1.27, *б*) огинає гладкі барабани *9* і *10* стабілізатора швидкості, а після зубчастого барабана *5* мінає фото-звукову частину, для чого передбачено подовжньо-направляльні ролики *11* та *12*, і поступає у приймальну касету.

На вході і виході касет встановлено легкоснімні ролики *13* і *14* великого діаметру.

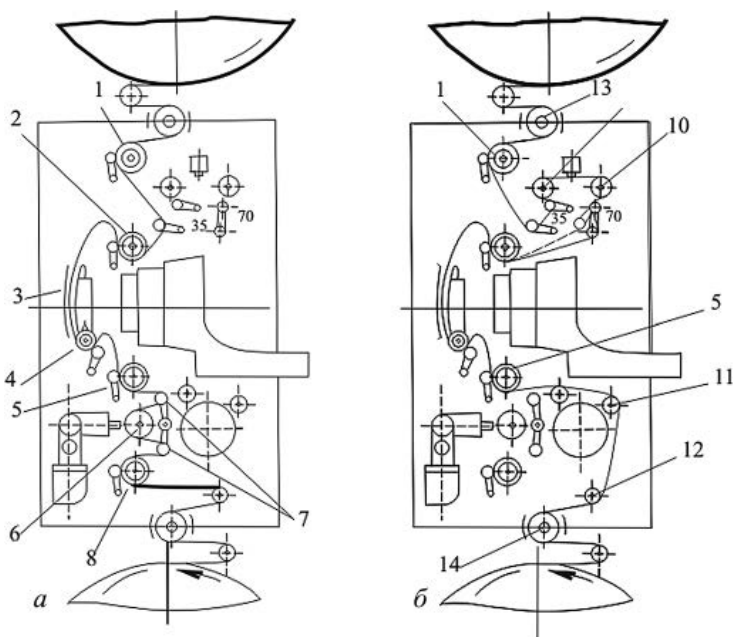


Рис. 1.27. Схема руху: *а* – 35-мм звичайного і широкоекранного кінофільму з фотографічною фонограмою; *б* – 70-мм кінофільму з магнітними фонограмами:

1 – тягнучий барабан; 2,5 – зубчастий барабан; 3 – криволінійний фільмовий канал;

4 – зубчастий стрибковий барабан; 6 – гладкий барабан;

7 – блок стабілізатора швидкості; 8 – затримуючий зубчастий барабан;

9, 10 – гладкі барабани; 11, 12 – направляючі ролики; 13, 14 – встановлені легкоснімні ролики

Кінематичну схему приводного механізму кінопроектора наведено на рис. 1.28 Приводом проекційної головки є асинхронний трифазний електродвигун 1, з'єднаний з провідним валом 2 (валом обтюратора) еластичною муфтою 3.

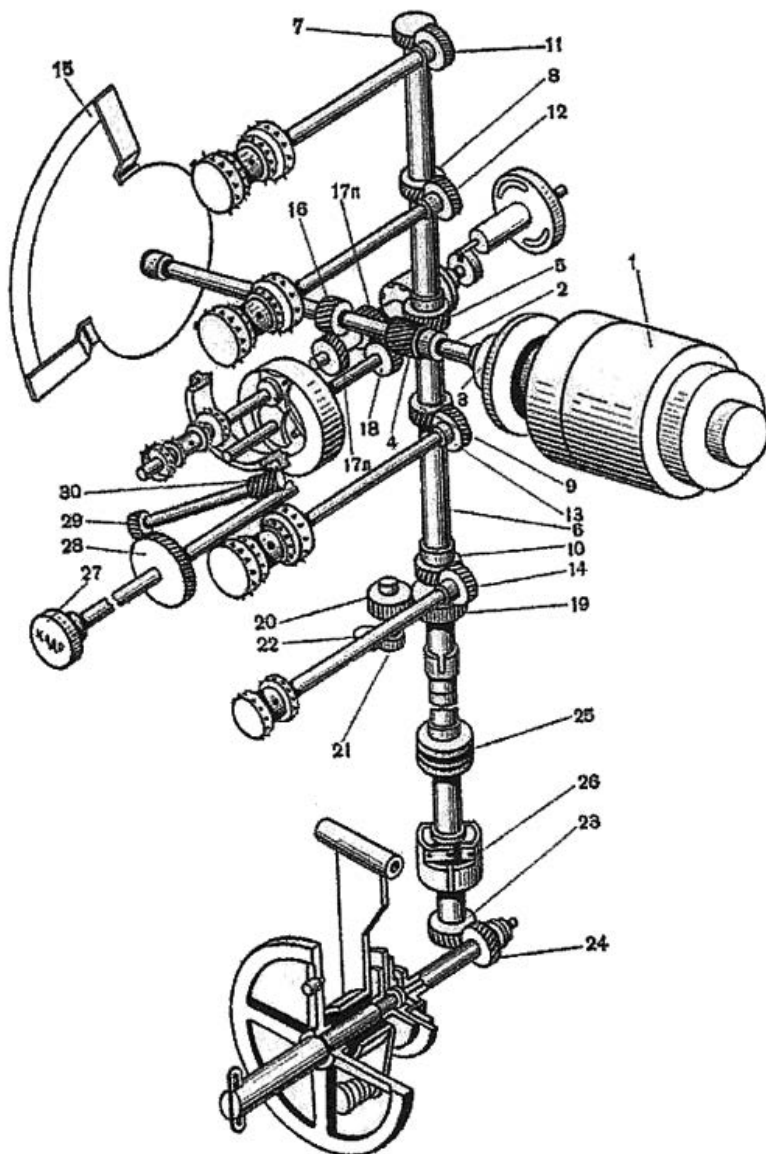


Рисунок 1.28 – Кінематична схема приводного механізму кінопроектора КП-15:
 1 – електродвигун; 2 – напрямний горизонтальний вал; 3 – муфта;
 4, 5 – черв'ячна передача; 6 – напрямний вертикальний вал; 7, 11 та 8, 12 та 9, 13 та 10,
 14 – зубчасті передачі; 15 – обтюратор;
 16, 17л та 17п, 18 – зубчасті передачі для покадрового переміщення

Зовнішній вигляд стаціонарних кінопроекторів та вузол мальтійського механізму наведено на рис. 1.29.

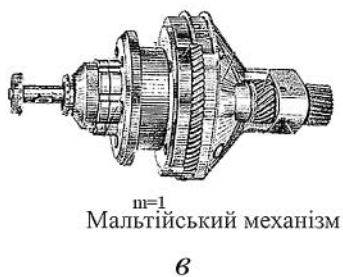
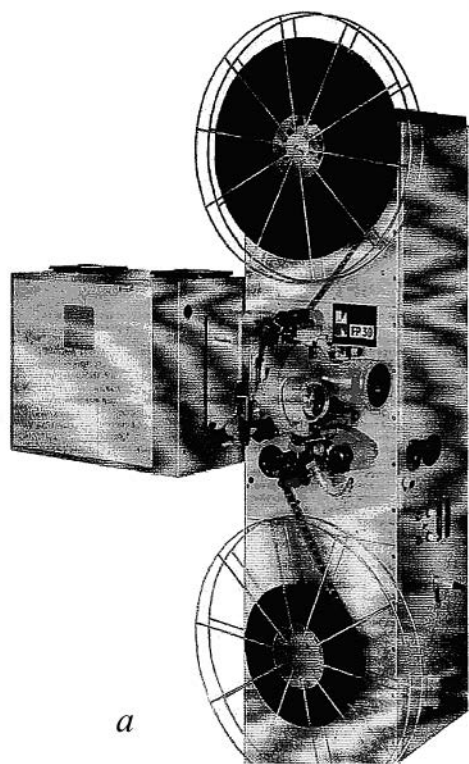


Рис. 1.29. Стаціонарні кінопроектори:
a – кінопроектор «Meopta MEO 5XB3»; *б* – кінопроектор «Ксенон-1»;
в – мальтійський механізм

Розділ 2. Електромагнітна реєстрація інформації

Широкозастосовний термін «магнітний запис і відтворення» на думку авторів та деяких інших фахівців не є коректним, оскільки лише змінне *електромагнітне* поле сигналу в обмотці головки запису намагнічує феррошар носія інформації (стрічки, диска) відповідно до змінення цього поля. Відповідно, що відтворення запису від носія також реалізовано *електромагнітним* способом, коли намагнічений носій інформації проходить повз зазору головки відтворення – магнітного осердя з електричною обмоткою. Змінний магнітний потік, пронизує осердя та спричинює появу в обмотці головки електрорушійної сили, значення якої пропорційне швидкості змінення магнітного потоку з носія інформації.

Електромагнітний запис зображень на гнучкий носій – магнітну стрічку (відеострічка) застосовують, в основному, для реєстрації телевізійних зображень, тобто зображень, перетворених оптикоелектронним способом в телевізійних камерах передавальними електронними трубками або приладом із рядовим зв'язком (ПЗЗ) в електромагнітний сигнал. Електромагнітний сигнал записують на магнітотвердий матеріал (феррошар) гнучких магнітних стрічок, який зберігає залишкову намагніченість на тривалий час. Запис на стрічці невидимий і лише структура її може бути візуалізована (рядки, проміжки між ними, імпульси тощо) тонкодисперсним магнітним порошком.

Відтворення зображень без їх фіксації (немає роздруківки на папері, фотографії тощо) здійснюють у телевізійних приймачах на екрані приймальної електронно-променевої трубки, екрані монітора персонального комп'ютера (ПК).

Фіксацію зображень можна виконувати принтером на папері або спеціальному фотопапері, а також на фотопапері через спеціальні телекінопроектори, лише як нерухомі кадри.

Електромагнітний запис зображень на магнітну стрічку називають *відеозаписом* і здійснюють на спеціальних пристроях, іменованих відеомагнітофонами (побутовими або професійними), окремими або вбудованими у відеокамери.

Пристрій запису звуку на магнітну стрічку називають *магнітофон*.

Крім того, магнітний запис можна виконувати на магнітних дисках (жорстких і гнучких), магнітних барабанах і спеціальному сталевому магнітному дроті діаметром 30-50 мкм.

Основна відмінність електромагнітного запису звуку та зображення полягає у частотному діапазоні записуваних сигналів, який для звукозапису складає 20-20000 Гц, для професійного відеозапису – 50 Гц – 6,5 МГц, для побутового відеозапису – 50 Гц – 2,5 МГц, широкосмугового аналогового – 20 Гц – 2 МГц тощо.

Окрім того, електромагнітний запис розрізняють за видом електричних сигналів: *аналогових* прямих, тих, що безпосередньо модулюють або *цифрових*.

2.1. Електромагнітний звукозапис

Запис звуку, заснований на властивості феромагнітних матеріалів намагнічуватися під дією магнітного поля і зберігати залишковий намагнічений стан. Джерелом магнітного поля в магнітофоні є записувальна головка. Її магнітне поле змінюється синхронно з коливаннями звукової частоти, які підводять до входу підсилювача магнітофона. Повз головки запису просувається з постійною швидкістю звуконосій, ділянки якого відповідно намагнічуються. Магнітофони широкого застосування розраховані, зазвичай, на швидкості звуконосія 19,05, 9,53 і 4,76 см/с.

У разі запису електричних сигналів використовують режим запису з підмагнічуванням постійним струмом, а частіше запис на розмагніченій стрічці без підмагнічування, оскільки спотворення форми сигналу в цьому випадку не суттєве, на противагу запису звуку.

Під час відтворення змінний магнітний потік в осерді головки відтворення, що виникає від намагніченої стрічки, індукуює в її обмотці електрорушійну силу (ЕРС). Таким чином відновлюють первинний сигнал, що змінюється за часом.

Спотворення, що виникають у результаті перетворення, під час запису і відтворення складають суть основних спотворень для магнітного способу запису. Сукупність елементів (магнітні головки, стрічка), що беруть участь в цих перетвореннях, скорочено називають системою «стрічка-головка». Характеристики системи «стрічка-головка» відносять безпосередньо тільки до магнітного способу запису, що відрізняє їх від характеристик апаратури в цілому, які залежать також від властивостей стрічкопротяжного механізму та електронних пристроїв.

В результаті запису на магнітній стрічці залишається відбиток у якості зміненої намагніченості або, як прийнято називати – магнітна доріжка. У разі запису синусоїдного сигналу залишкові змінення, що відбулися в стрічці, можна показати як низку елементарних магнітів – диполів (рис. 2.1), орієнтованих назустріч один до одного. Довжина кожного елементарного магніту дорівнює

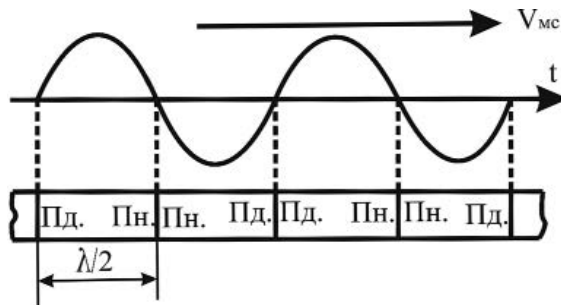


Рис. 2.1. Схема розподілу намагніченості на стрічці
(Пд. – південний полюс, Пн. – північний полюс магнітного диполу)

половині довжини хвилі $\lambda/2$ записаного сигналу. Довжина хвилі за швидкості стрічки v і частоті сигналу запису f дорівнює

$$\lambda = v/f.$$

Мінімальну довжину хвилі, яку записують і відтворюють системою «стрічка-головка», характеризує одна з основних її властивостей – роздільна здатність.

Як звуконосій у магнітофонах застосовують стрічку, покриту феромагнітним порошком. Стрічку намотують на котушки, виготовлені частіше з пластмаси. Робоча сторона стрічки повинна бути обернена до середини котушки. Залежно від розмірів котушці надають відповідний номер.

У разі магнітного запису можна знищити запис проведений раніше, що став непотрібним, або, як кажуть, «стерти» її. Це дозволяє багато разів використовувати для запису одну і ту ж стрічку.

Стирання запису забезпечує головка стирання, обмоткою якої проходить змінний струм від генератора високої частоти, що містить відповідний вузол магнітофону. Магнітне поле головки стирання, впливає на рухому стрічку, розмагнічує її і тим самим знищує попередній запис.

В процесі запису через обмотку головки запису, окрім струму звукової частоти, пропускають струм високої частоти, який називають струмом підмагнічування. Цей струм отримують від того ж генератора, який живить головку стирання. Підмагнічування зменшує спотворення у процесі запису.

У магнітофоні під час запису стрічка спочатку підходить до головки, стирання, а після неї до головки запису.

Відтворення запису здійснюють за допомогою головки відтворення. Стрічка з тією ж швидкістю, що і під час запису, рухається повз головку відтворення – магнітний потік стрічки перетинає обмотку цієї головки і наводить в ній електричні сигнали, відповідні записаним на стрічці магнітним відбиткам. Ці сигнали подають на вхід підсилювача, і після посилення знаходять на гучномовець.

У деяких магнітофонах використовують не три, а дві головки: головку стирання та універсальну. Остання виконує функції як запису, так і відтворення.

Зазвичай, в магнітофонах широкого застосування запис на стрічці проводять двома доріжками у взаємно протилежних напрямках (рис. 2.2). Доріжку №1 записують першою. Відстань між краями звукових доріжок вибирають не менше 0,75 мм. Застосування двох доріжок збільшує тривалість запису в 2 рази.

До складу магнітофона входять такі основні частини: стрічкопротяжний механізм, комплект голівок, підсилювач, генератор високої частоти, гучномовець, блок живлення. На рис. 2.3 наведено найбільш поширену блок-схема магнітофона.

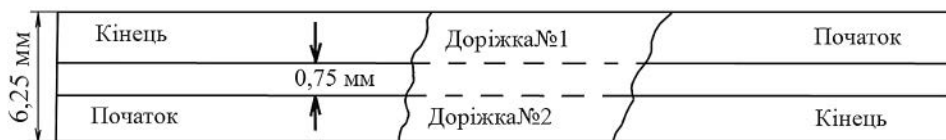


Рис. 2.2. Розташування доріжок на стрічці для дводоріжкового запису (вид з неробочого боку стрічки)

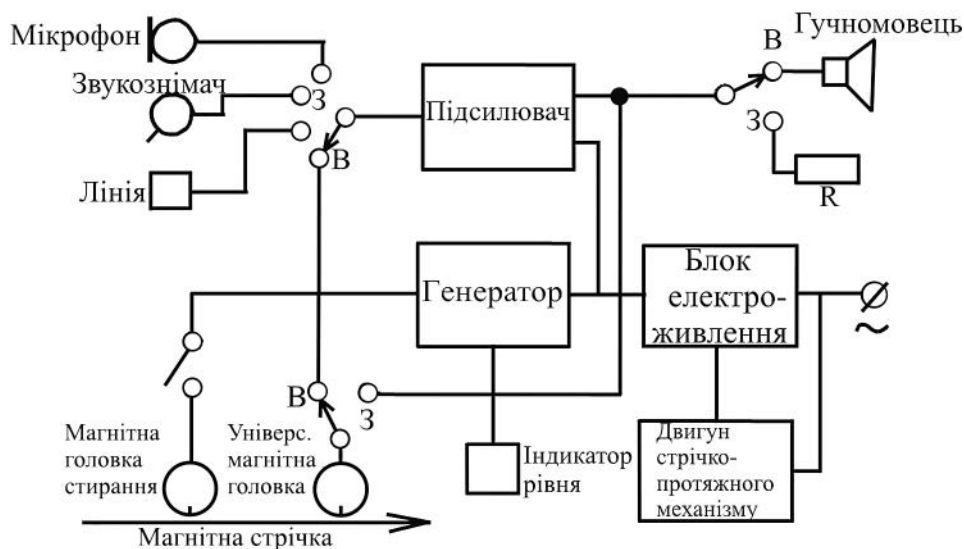


Рис. 2.3. Блок-схема магнітофона широкого застосування:
R – опір; В – відтворення; 3 – запис

Стрічкопротяжний механізм призначений для просування стрічки з постійною швидкістю в контакт з головками під час запису і відтворення, а також для прискореного перемотування стрічки праворуч і ліворуч без контакту. У стрічкопротяжному механізмі використовують один, два або три електродвигуни (рис. 2.4). Для зменшення маси, розмірів та вартості в магнітофонах широкого застосування найчастіше використовують стрічкопротяжні механізми з одним електродвигуном.

Універсальна, записувальна, відтворювальна головки та головка стирання приблизно однакові за принципом побудови, але розрізняються матеріалом осердя, розмірами зазорів і даними обмоток. Для осердь застосовують матеріали з високою магнітною проникністю (пермалой, ферит тощо). Головки розташовують в екрани для захисту від зовнішніх електромагнітних завад.

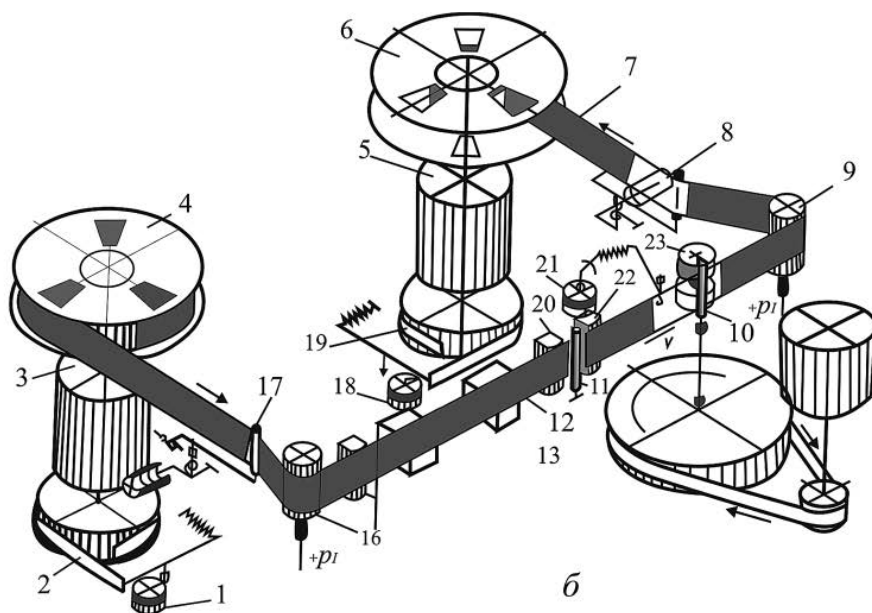
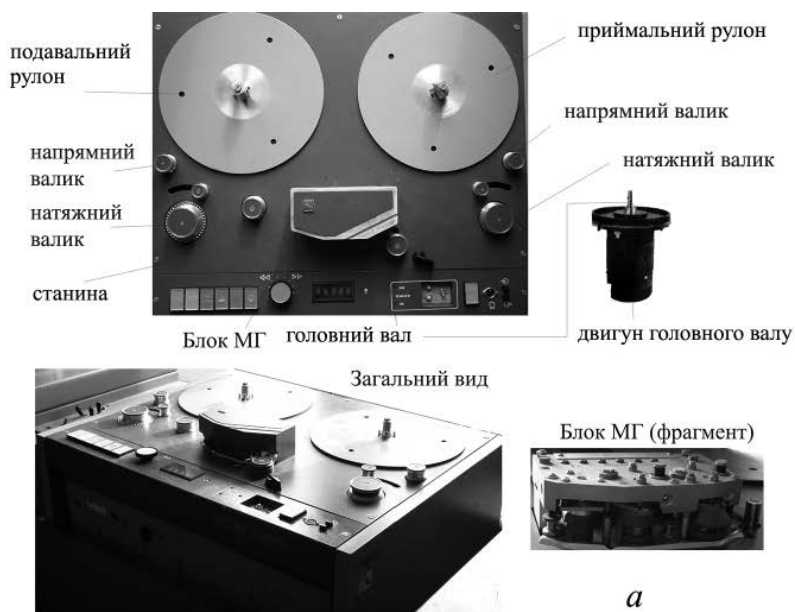


Рис. 2.4. Загальний вид студійного магнітофона – *а*
і його стрічкопротяжного механізму – *б*:

- 1, 18, 21 – регулятори натягу; 2, 19 – гальмівні елементи; 3, 5 – допоміжні двигуни перемотування; 4, 6 – відповідно подавальна та приймальна котушки;
7 – магнітна стрічка; 8, 17 – натяжні валики; 9, 16 – напрямні ролики;
10 – головний вал; 11, 23 – притискні валики; 13 – стираюча головка;
20 – головка запису; 22 – головка відтворення

Підсилювач магнітофона призначено для підвищення потужності слабких сигналів, що поступають на вхід від джерел записуваних коливань у разі запису та від магнітної головки у разі відтворення. Він здійснює також частотну корекцію, що забезпечує рівномірну частотну характеристику магнітофона у межах робочого діапазону частот.

Блок живлення служить для надання необхідної напруги змінного та постійного струму. Він містить трансформатор живлення, один або декілька випрямлячів, стабілізаторів напруги, запобіжники, вимикач і перемикач напруги. Сучасні джерела живлення виконують із безтрансформаторним входом на основі стабілізаторних перетворювачів та засобами забезпечення електромагнітної сумісності.

Для розширення можливостей магнітофона і створення зручностей для його експлуатації в ньому часто застосовують допоміжні пристрої: автостоп, що автоматично зупиняє рух стрічки на її кінці; лічильник кількості записаної або відтвореної стрічки; кнопку короткочасної зупинки стрічки, що дозволяє перервати запис на час аплодисментів, оголошень диктора тощо, пристрій для зміни напрямку робочого ходу стрічки, що дозволяє вести запис і відтворення на двох доріжках стрічки без зняття і перевертання катушок із стрічкою, кнопку, що вмикає під час запису головку стирання для накладення одного запису на інший.

2.2. Відеозапис сигналів зображення

Важливою ланкою оброблення телевізійної інформації зображень є її довготривала реєстрація – запис на відеомагнітофон (ВМ), з якого за необхідності здійснюється відтворення на екрані телевізійного приймача (телевізора).

У відеомагнітофоні телевізійний сигнал перетворюють у комплекс електромагнітних сигналів (відео, звук, синхроімпульси) і записують спеціальними магнітними головками (відео, звуку, синхроімпульсів) на рухому з постійною швидкістю спеціальну магнітну стрічку – відеострічку.

Існує специфіка відеозапису, оскільки відеосигнал має діапазон частот для професійних відеомагнітофонів від 50 Гц до 6,5 МГц, звуковий (звуковий супровід) сигнал лежить в діапазоні 20 Гц – 20 кГц і синхросигнал лежить в діапазоні 350 Гц. Відповідно до відомої залежності, смуга відтворених частот електромагнітного сигналу визначається ефективною шириною зазору магнітної головки і швидкістю v_{mc} лінійного переміщення магнітної стрічки

$$f = \frac{v_{mc}}{\lambda_{ef}},$$

$$v_{mc} = f \cdot \lambda_{ef}.$$

Ефективний зазор сучасних магнітних головок складає 1,5-2 мкм, тому швидкість лінійного переміщення магнітної відеострічки для запису звукового сигналу в смузі частот до 15 кГц є $v_{mc} = 2 \cdot 10^4 \times 1,5 \cdot 10^{-6} = 3 \cdot 10^{-2}$ м/с або 3 см/с.

Для запису телевізійного сигналу в смузі частот до 6,5 МГц відносна швидкість стрічка-головка становить $v_{mc} = 6,5 \cdot 10^6 \times 1,5 \cdot 10^{-6} = 9,57$ м/с.

Неважко обчислити, що подовжній запис для відеомагнітофонів неприйнятний, оскільки для запису однієї години телепередачі було б потрібна стрічка довжиною 35 км., тому в класичних схемах побудови відеомагнітофонів для запису відеосигналів застосовують магнітні головки, що обертаються, так звані – відео-головки, що дозволяють забезпечити в професійних ВМ відносну швидкість пари «магнітна стрічка – відео-головка» 40 м/с за лінійної швидкості руху стрічки 39,7 см/с (стандарт поперечно-рядкового запису) (рис. 2.5).

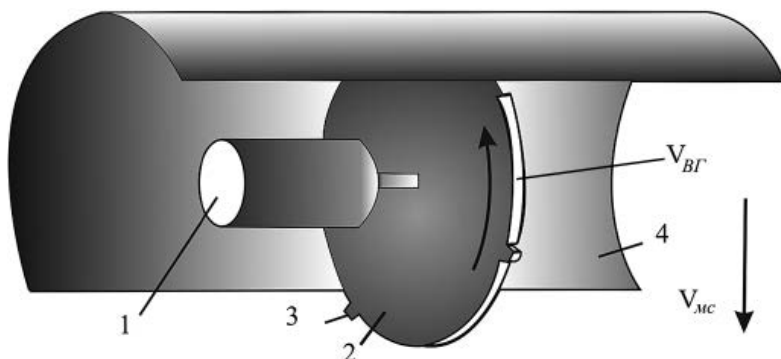


Рис. 2.5. Пара магнітна стрічка- відеоголівки, що дозволяє збільшити відносну швидкість:
1 – електродвигун; 2 – диск; де закріплено відеоголівки;
3 – відеоголівка; 4 – магнітна стрічка

На сьогодні для запису-відтворення телепередач застосовують два способи: поперечно-рядковий запис (ПРРЗ) і похило-рядковий запис (ПРЗ), параметри яких стандартизовано Міжнародною електротехнічною комісією (МЕК).

В обох цих способах інформацію повного телевізійного кадру, що складається з 625 рядків, розбивають на рядки магнітного запису із захисним проміжком між ними. При цьому, наприклад для стандартного ПРРЗ кількість рядків (доріжок запису) складає 40. Довжина кожного рядка для запису дещо більше, ніж для відтворення (запис йде з перекриттям). Відтворення реалізовано універсальною відео-головкою, що забезпечує високоякісне безрозривне відтворення всіх рядків запису. Для ВМ ПРЗ довжина доріжок запису може відповідати половині або одному телевізійному полю стосовно до прийнятого стандарту. Наприклад у ВМ фірми Toshiba (рис. 2.6) ПРРЗ заснована на принципі, за яким відеодоріжки записують на відеострічку уперек її руху в механізмі

транспортування стрічки, а для ВМ ПРЗ відеодоріжки записують з нахилом до її руху 3-15°, (у спеціальних космічних ВМ кут нахилу досягає 45°).

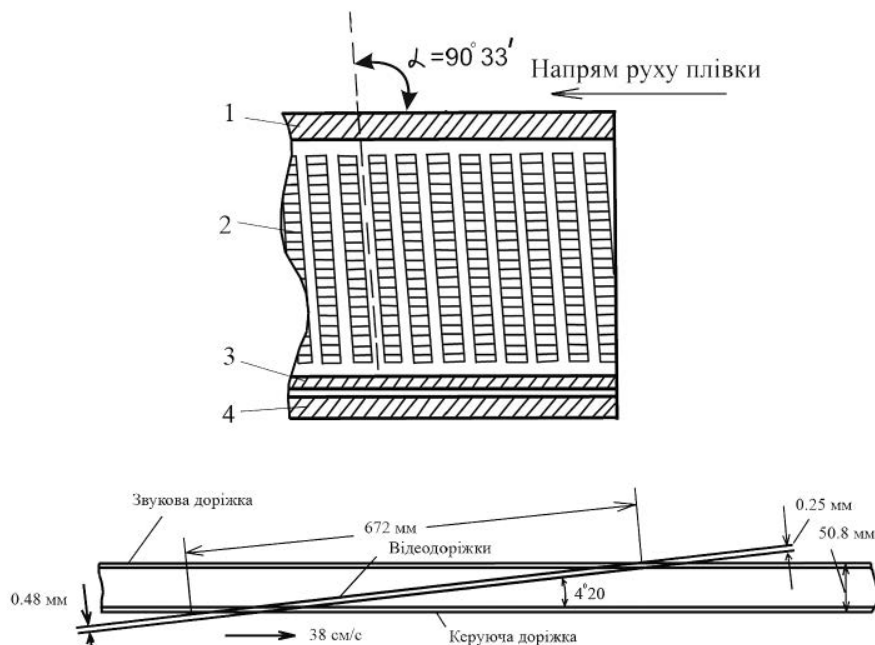


Рис. 2.6. Магнітний запис на стрічці апаратом «Toshiba» з однією магнітною головкою:
1 – звукова доріжка; 2 – відео доріжки; 3 – керуюча доріжка; 4 – звукова або синхродоріжка

Формат відеоманітофонів поперечно-рядкового запису

Перший формат відеозапису в світі був заснований на ПРЗ, запропонований і промислово реалізований фірмою AMPEX в моделі VR-1000 і подальшій моделі VR-1001A (рис. 2.7). Відеозапис здійснювався поперечно-рядковим способом на відеострічці шириною 50,8 мм упоперек її лінійного руху із швидкістю 397 мм/с чотирма відео-головками (ВГ), що оберталися. Для високоякісного відеозапису повного телевізійного сигналу (50 Гц – 6,5 МГц) відносна швидкість взаємодії відео-головок і відеострічки складає 40 м/с. Відстані між відео-головками і нерухомими головками звуковими та синхронізації, напрям руху стрічки, розміри і розташування магнітних доріжок запису на стрічці стандартизовані. Блок відео-головок 2, що обертаються, встановлено між направляючим ролик (стійкою) 1 і нерухомою магнітною головкою 3 звукових каналів. Магнітна стрічка в направляючій вакуумній камері 4 згинається в своїй площині за дугою радіусу $R\ 3,3 \pm 0,5$ мм і у головки і ролика знов набуває плоскої форми. Під прогином стрічки розуміють висоту трикутника, вершинами якого є точки зіткнення стрічки з направляючими і полюсним наконечником відео-головок. У деяких МТС замість направляючого ролика 1 на цьому ж місці

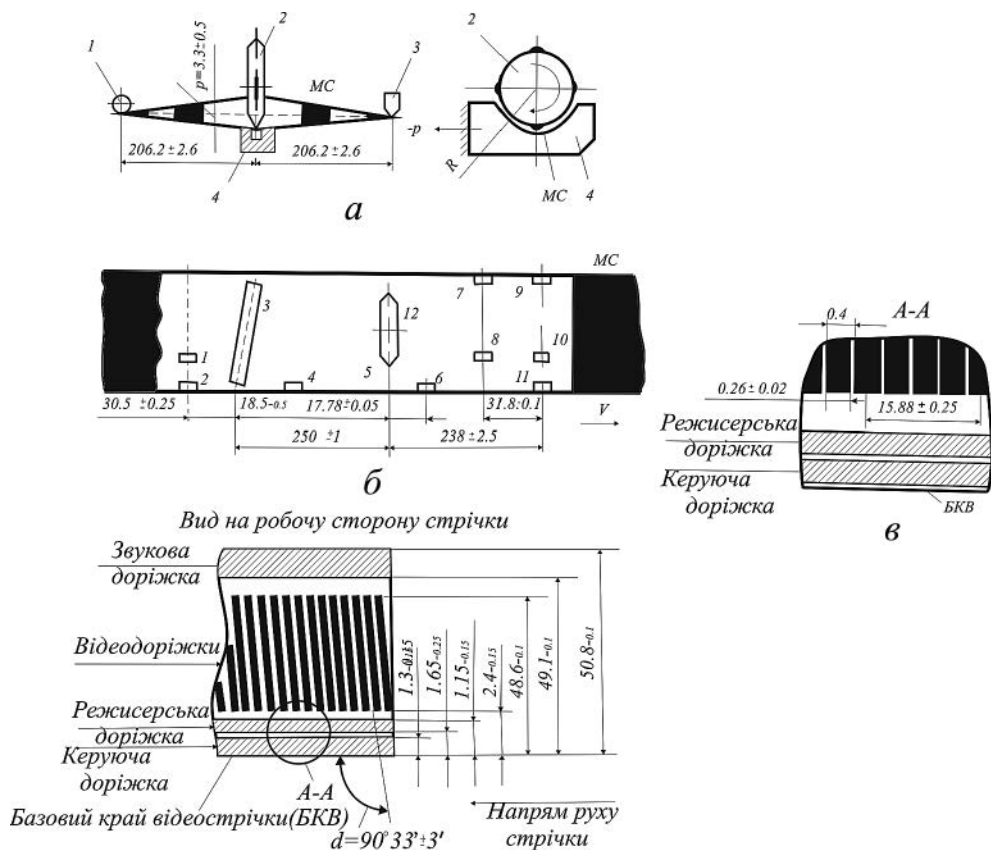


Рис. 2.7. Відеозапис поперечно-рядковим способом

встановлюють нерухому головку стирання. Головки звукового і режисерського каналів розташовують між блоком відео-головок, що обертаються, і провідним валом, універсальна магнітна головка системи авторегулювання – в блоці біля направляючої камери на відстані $17,78 \pm 0,05$ мм за ходом руху стрічки. Ширина доріжок відео- і звукозапису, розташування однієї щодо іншої, кут нахилу МС (Рис. 2.7. а), що утворюється під час руху стрічки, і обертанні відео-головок, регламентовано міжнародною відеограмою. Відеострічка до увігнутої поверхні направляючої камери щільно притискається негативним тиском зсередини – $p = 2 \times 10^{-4}$ Па (200 см вод. ст.) $\pm 10\%$. За пульсації тиску зверху $\pm 0,05\%$ з частотою нижче 250 Гц збільшується часова нестабільність відтвореного відеосигналу і якість зображення виходить за межі допустимого.

В даний час ВМ ПРРЗ застосовують лише в телецентрах для перезапису багатомільйонного фонду цінних записів попередніх років (кіно, театральних постановок тощо) на ВМ ПРЗ для показу сучасним телеглядачам. Після перезапису стрічки з ВМ ПРРЗ знищують. Крім того, ВМ ПРРЗ застосовують обмежено для пристроїв спецтехніки.

Приклад успішного застосування широкосмугового електромагнітного запису радарної інформації у ВМФ СРСР наведено на рис. 2.8, де один з авторів (Травніков Е.Н.) впровадив 7 своїх винаходів (1985-1987 р.).

Апарат широкосмугового запису (рис. 2.8, б) конструктивно складено з трьох роздільних модулів: модуля МТС, модуля електроніки, модуля панелі пневмоіндикації та управління. Всі модулі можна вільно розбирати і перенести крізь люк діаметром 600 мм до трюму корабля або підводного човна, збирати в єдиний комплекс. Апарат встановлюють на нижні і задні амортизатори, що дає йому можливість безвідмовно працювати в заданих для ВМФ умовах експлуатації.

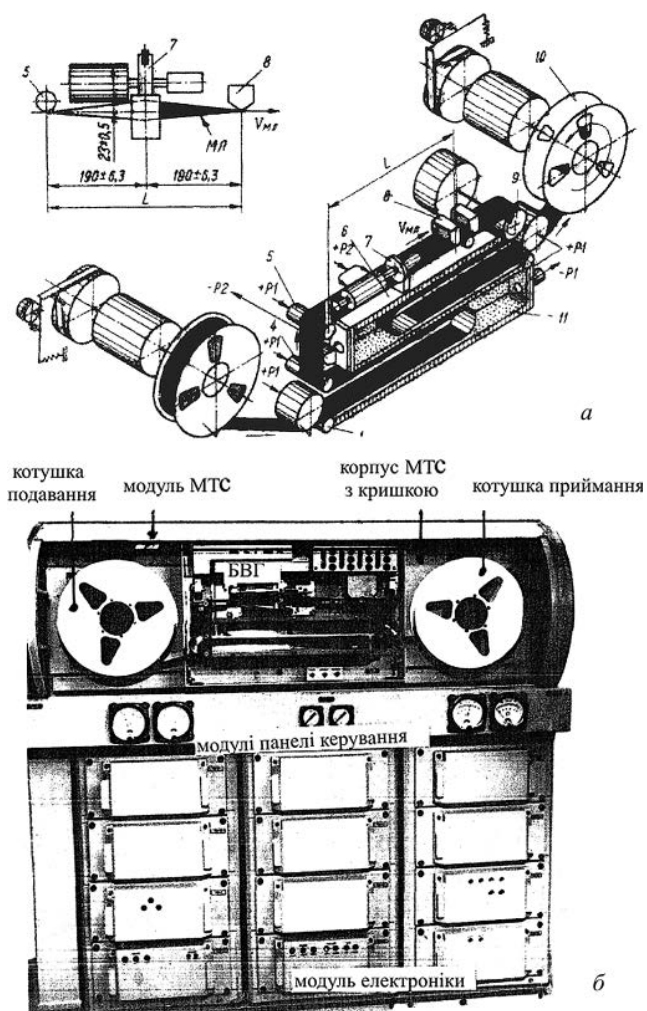


Рис. 2.8. Приклади: а – кінематичної схеми апарату широкосмугового запису; б – конструкція широкосмугового пристрою для ВМФ СРСР (виріб «МУЗ-6», заступник генерального конструктора – Травніков Є. М.)

Блок головок, що обертаються (БГО)

Блок головок ПРРЗ (також і ПРЗ), що обертаються, є «серцем» будь-якого МТС відеомагнітофонів. У БГО здійснюється безпосередньо взаємодія відео-головок, що обертаються, з відеострічкою, що полягає в магнітному записі-відтворенні поперечних (для ВМ ПРЗ – похилих) доріжок (рядків) із заданим кроком між ними. Відносна швидкість відео-головка-стрічка для БГО ПРЗ складає 40 м/с, тобто перевищує в 100 разів подовжню швидкість руху стрічки. Крім того, в БГО ПРЗ здійснюють запис-відтворення синхроімпульсів каналу управління по самій нижній доріжці сигналограми.

У професійних ВМ ПРРЗ відеострічка формується в площині напрямку руху за човноподібної форми («каное») і охоплює на 180° диск з чотирма відео-головками, що обертаються уперек руху МС. Відео-головки в режимах запису-відтворення трохи вдавлюють на 50-75 мкм стрічку в середню проточку направляючої вакуумної камери, що забезпечує необхідний механічний контакт стрічка-головка.

Головне зусилля входу відео-головок у контакт із стрічкою в 18 разів більше, ніж в БГО ПРЗ.

БГО робочих зон МТС відеомагнітофонів повинні формувати тракт стрічки, що забезпечує взаємозамінюваність записів на всіх ВМ заданого формату запису, та виключати залишкові деформації відеострічки.

Найдосконалішими БГО є конструкції, захищені і проваджені у відеотехніку спеціального призначення одним із авторів Травніковим Є.М. за авторськими свідоцтвами на винахід № 871206, 777735 тощо. (рис. 2.9).

Напрямна камера 1 виконана з призматичними пазами 2, навпроти яких розташовано аналогічні пази 3 і 4 з кульками в них 5. Пази 3 і 4 виконано в підставці 6, по одну сторону якої встановлений електродвигун 7, а по іншу – диск 8 і струмознімач 9. На вільному кінці електродвигуна встановлено таходатчик 10, а на диску – магнітні головки 11. Відповідні перетини позначено буквами А, Б, В, Г, Д, Е і Ж. К – площа обертання диска 8. Букви можуть позначати одночасно і напрямки.

Під час роботи відеомагнітофона електродвигун 7 приводить в обертання диск 8, рівномірність обертання якого відстежується таходатчиком, а сигнали з магнітних голівок 11 знімають струмознімачем 9. В процесі руху магнітна стрічка 12 повинна взаємодіяти з головками 11, чому допомагає прямна камера 1, через яку ця стрічка проходить, огинаючи головки. Одночасно магнітна стрічка трохи вдавлюється у паз 13, а камера 1 має можливість переміщуватися за напрямом стрілки В. Процес переміщення відбувається за безпосередню участь кульок 5, закладених в призматичні пази 2, 3 і 4. У режимі «Стоп» камера прямої відводиться і цим виключається механічний контакт між магнітною стрічкою і головками 11.

Підвищення стабільності положення камери досягається відносно простими засобами, що здешевлює налагодження відеомагнітофона і спрощує процес виготовлення блоку магнітних головок, що обертаються.

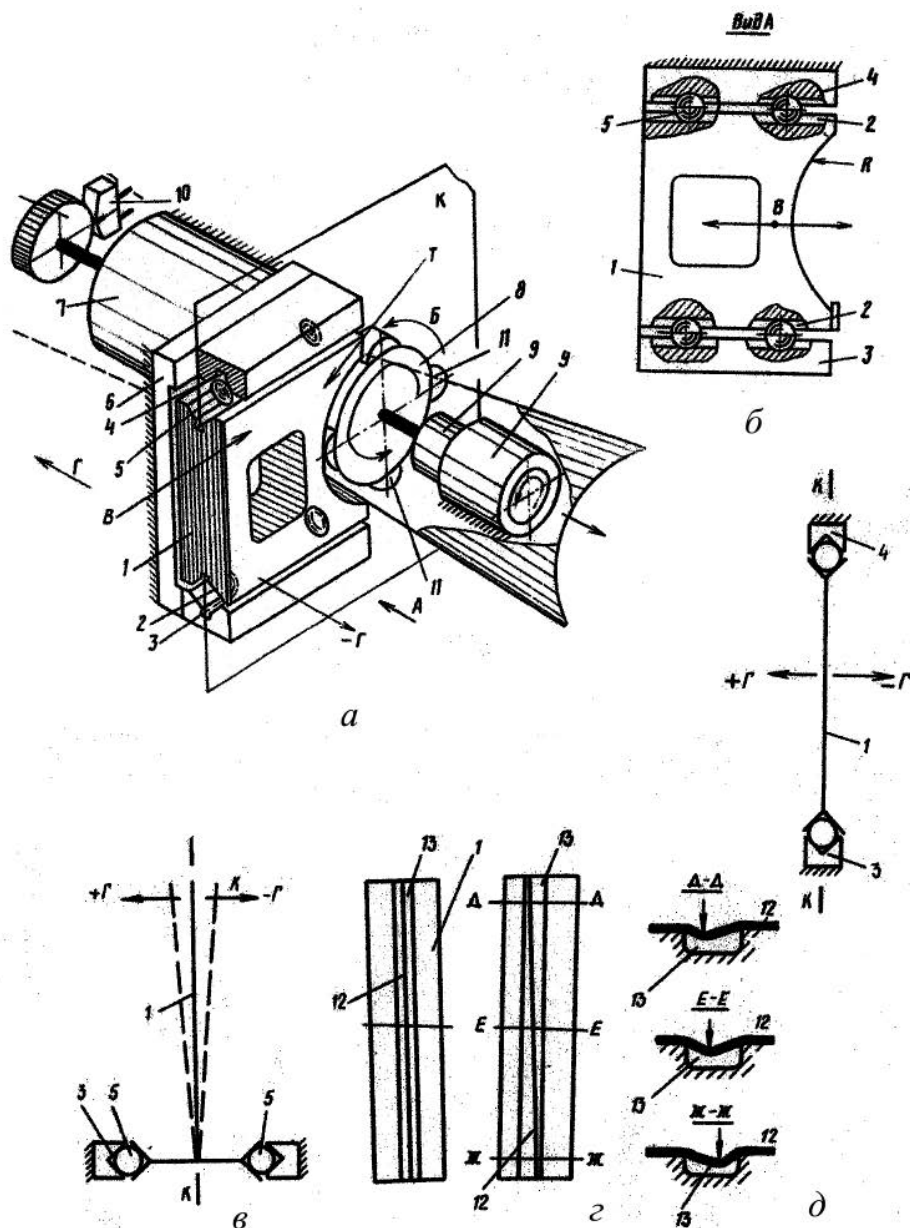


Рис. 2.9. Конструкція БГО ПРЗ за а.с. № 871206:

а – загальний вигляд описуваного блоку магнітних головок; *б* – вигляд за стрілкою Δ ;
в – консольна установка направляючої камери; *г* – вид направляючої камери з проточкою і перетину з формою деформації магнітної стрічки; *д* – балочне закріплення направляючої камери:

- 1 – напрямна камера; 2, 3, 4 – призматичні пази; 5 – кульки в пазах;
 6 – підставка; 7 – електродвигун; 8 – диск; 9 – струмознімач; 10 – таходатчик;
 11 – магнітні голівки; 12 – магнітна стрічка; 13 – паз

Наведемо приклад формули винаходу. Блок магнітних головок, що обертаються, для відеомагнітофона з поперечно-рядковим записом інформації, що містить електродвигун, на одному кінці валу якого розташований таходатчик, а на іншому – диск з магнітними головками і струмознімач, а також камеру, що направляє рух магнітної стрілки, встановлену з можливістю переміщення по кульках, введених в призматичні пази нерухомої станини і самої направляючої камери, що відрізняється тим, що, з метою підвищення якості записуваної і відтворної інформації шляхом зменшення статичних і динамічних перекосів направляючої камери при роботі в умовах підвищеної вібрації, призматичні пази виконані на двох протилежних сторонах направляючої камери і на відповідних ділянках станини, при цьому призматичні пази і сама камера напрямної розташовані в площині обертання диска з магнітними головками.

Нижче проаналізовано особливості ВМ похило-рядкового запису (ПРЗ), їх формати і конструктивне виконання.

Формати запису ВМ похило-рядкового запису (сигналогами зображено на рис. 2.10)

Основною умовою при магнітному записі телевізійних сигналів є забезпечення можливості відтворення їх на іншій відеоапаратурі. Тобто повинна бути забезпечена взаємозамінність записів, яка визначено характеристиками способу запису. Ці характеристики наступні:

- ширина магнітної стрічки;
- смуга частот в каналі сигналу яскравості;
- значення частот, відповідних рівню синхроімпульсів і рівням білого і чорного в записуваному телевізійному сигналі;
- метод запису сигналу кольоровості;
- відносна швидкість руху головки-стрічка;
- швидкість транспортування стрічки і кут нахилу рядків запису;
- ширина і крок рядків запису відеосигналу;
- метод запису сигналів звукового супроводу;
- розмір і розташування доріжок каналів управління і звукового супроводу;
- азимутне розташування робочих зазорів відео-головок, звукової головки і головки каналу управління;
- фаза сигналу каналу управління щодо відеосигналу;
- характеристики кіл корекції відеосигналу в каналі запису і відтворення;
- рівні запису частотно-модульованого сигналу, кольорової піднесівної, сигналів каналу звуку і управління.

Вище перелічені параметри стандартизують (у тому числі і міжнародними організаціями, наприклад, МЕК) у вигляді форматів запису.

Таким чином, з урахуванням принципу взаємозамінюваності визначення формату запису можна сформулювати таким чином.

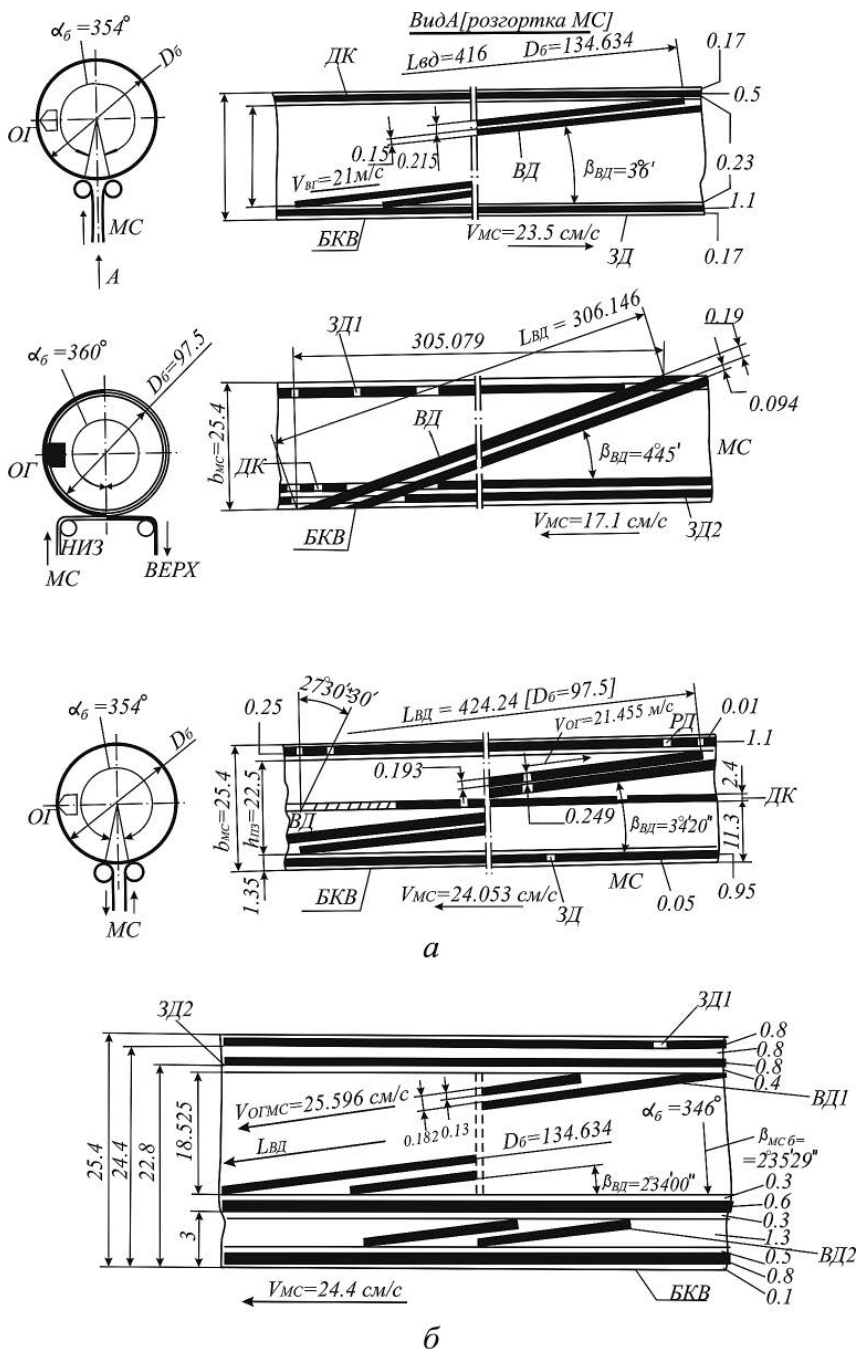


Рис. 2.10. Сигналограми професійних ВМ ПРЗ: а – одноголовочні (AMPEX VR-7800, IVC-961P, «Кадр-103»); б – півтораголовочні (формат «С» – AMPEX VPR-1, Sony BVH-1000); в – двоголовочні (формат «В» – BCN-20, формат Echo Science WR-202 формат Thomson TTV-3500)

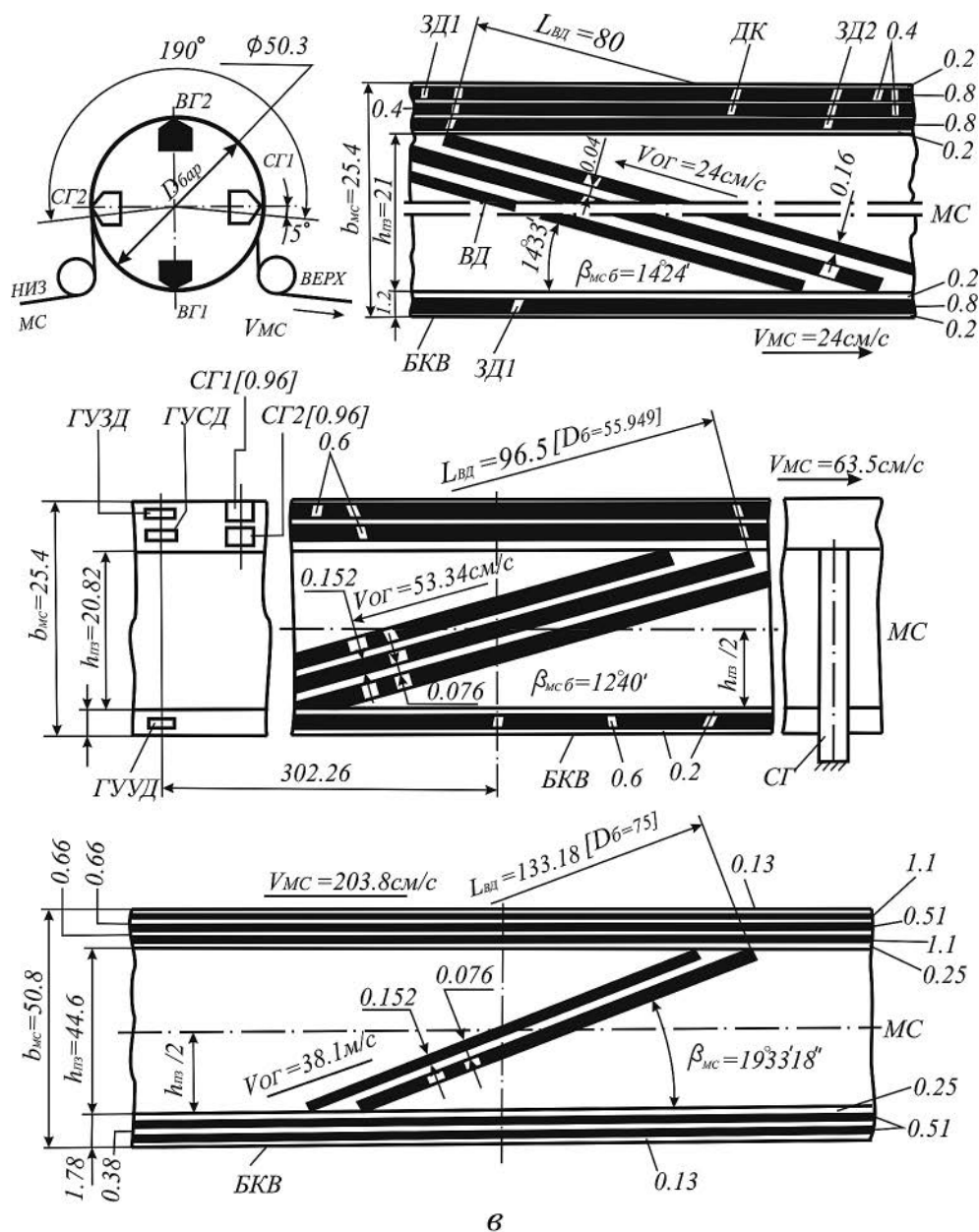


Рис. 2.10. Сигналограми професійних ВМ ПРЗ: а – одноголовочні (AMPEX VR-7800, IVC-961P, «Кадр-103»); б – півтораголовочні (формат «С» – AMPEX VPR-1, Sony BVH-1000); в – двоголовочні (формат «В» – BCN-20, формат Echo Science WR-202 формат Thomson TTV-3500)

Формат запису – це впорядковане розташування на поверхні стрічки стандартної ширини рядків і доріжок, намагнічених під дією різноманітних сигналів, що забезпечує виконання принципу взаємозамінюваності та однозначно зазначає спосіб здійснення запису і відтворення інформації).

За період розвитку магнітного відеозапису розроблено велику кількість різноманітних форматів.

Формат ВМ ПРЗ визначено в основному їх застосуванням: професійні апарати або побутові. Параметри ВМ професійного застосування для прикладу наведено у табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики професійних ВМ ПРЗ

Параметр	«Кадр-103АС»	VPR-7953	VPR-1	TTV-3500	BCN-50 BCN-20
<i>Канал зображення</i>					
Смуга частот, МГц	6	5	5	6	5,5
Кількість головок, шт.	1	1	1	2	2
Ширина магнітної плівки, мм	25,4	25,4	25,4	50,8	25,4
Відношення сигнал/шум, дБ	45	41	43	45	43
Диференційне посилення, %	5	6	4	4	4
Диференційна фаза, град	5	6	4	4	4
Комбінаційні спотворення, дБ	35	30	35	40	35
Спотворення імпульсу, %	1	2	2	1	2
<i>Канал звуку</i>					
Смуга частот, кГц	0,06-12	0,05-12	0,05-12	0,05-15	0,05-15
Швидкість руху стрічки, см/с	24	24	24	20,3	24,3
Коефіцієнт коливання швидкості руху стрічки (ефект. значення), %	0,15	0,15	0,1	0,15	0,1
Нерівномірність характеристики, дБ	±2,5	±3	±2	±2	±2
Відношення сигнал/шум, дБ	46	50	55	55	65
<i>Загальні</i>					
Споживана потужність, кВт	0,4	1,75	0,6	3	0,6; 0,065
Габаритні розміри, мм	770x490x680	1230x 1080x x680	1334x 838x x692	1575x 1245x x711	665x625x525 200x380x410
Маса, кг	490 80+30 (з регенератором)	220	181,44	550	107; 20

Відеокамери

У даний час поширені для електромагнітного запису рухомих зображень відеокамери, що є поєднанням в одному апараті телевізійної камери та відеомагнітофона. Це застосовують у професійній та дуже широко в побутовій техніці відеозапису. Для професійного призначення відеокамери мають плечове виконання (рис. 2.11, а) або штативне стаціонарне (рис. 2.11, б). Вага плечових відеокамер, як і кінознімальних не перевищує 10 кг, що забезпечує тривалу роботу оператора, зазвичай, репортера. Для різкого зменшення впливу ваги плечової відеокамери і зручності її експлуатації Травніковим Е.Н була запропонована і випробувана відеокамера за винаходом а.с. № 1448361 від 02.10.86. (рис. 2.12, рис. 2.13 і рис. 2.14). Фахівці телевізійники добре відізналися про це нове рішення, але провадити його не дозволили подальші відцентрові явища після розпаду СРСР.

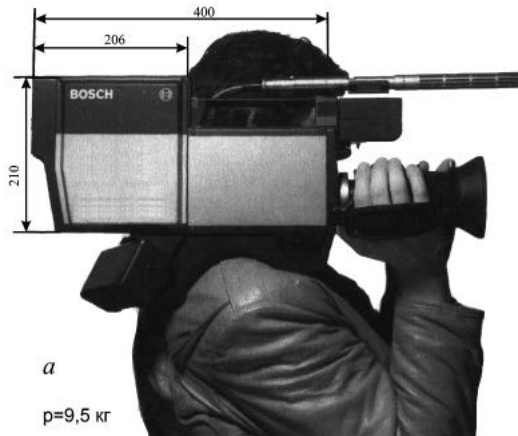


Рис. 2.11. Плечова відеокамера: а – встановлена на плечі; б – встановлена на штативі



Рис. 2.12. Відеозаписувальний пристрій «ЕНІТ-86» у робочому положенні

Для побутового застосування відеокамери мають ручне виконання (рис. 2.15).

Репортажний камерний відеозаписувальний пристрій «ЕНІТ-86», стосується до відео- і телевізійної техніки і може бути використаний в професійних і спеціальних комплексах відеозапису. Мета винаходу – підвищення якості відеозапису, зручності управління положенням телекамери в жорстких умовах експлуатації шляхом створення додаткової опори на протилежному плечі телеоператора. Камерний відеозаписувальний пристрій репортажу містить телекамеру 1 з плечовим ложементом 2, об'єктивом 3, кнопками електричного управління режимами роботи, мікрофон 5 і візир 6, касетний відеомагнітофон 7, сполучені між собою механічно і електрично в моноблок. На телекамері 1 з правого бічного боку уздовж нижньої грані встановлено утримувач 8 з асиметричною П-подібною ручкою, нижнє горизонтальне коротке коліно 9 якого забезпечено фіксаторами верхнього вертикального і поверненого на кут 90° або більш нижнього горизонтального положень, верхнє горизонтальне подовжене коліно 10 ручок містить корпус з додатковими кнопками 11 електричного управління режимами роботи. Верхнє подовжене коліно 10 ручок біля вертикального свого коліна має вигин 13 з коліном, довжина якого дорівнює половині ширини телекамери, і має додатковий фіксатор 14, розміщений на телекамері 1, при цьому на вертикальному і подовженому горизонтальному колінах ручки розміщено м'які опорні втулки 4, 15.

У робочому положенні ручку (утримувач) встановлюють на протилежному плечі телеоператора, що звільняє одну руку останнього і підвищує зручність управління положенням телекамери у роботі.

Як приклад, наведемо формулу винаходу відеозаписувального пристрою «ЕНІТ-86».

Камерний відеозаписувальний пристрій репортажу, що містить телекамеру з плечовим ложементом, забезпечену об'єктивом, блоком управління, мікрофоном і візором, а також касетний відеомагнітофон, які зв'язані між собою електрично і механічно в моноблок, що відрізняється тим, що, з метою підвищення зручності в експлуатації і управління положенням телекамери для підвищення якості відеозапису, уздовж нижньої сторони моноблока з правого боку телекамери встановлено утримувач П-подібної форми, на нижній горизонтальній частині якого встановлені фіксатори верхнього і нижнього горизонтальних положень, верхня частина утримувача зігнута на ділянці, довжина якої дорівнює половині ширини розміру телекамери, а на вертикальних і горизонтальних ділянках утримувача розміщено м'які опорні втулки, а верхня частина утримувача забезпечена додатковими кнопками, електричного управління і фіксатором верхнього положення для носіння.

Сучасні побутові відеокамери виготовляють такі відомі компанії, як JVC, Sony, Panasonic, Canon, Samsung тощо. Камера віддалено нагадує портмоне, і для людей, що знімають рідко, такий розмір вельми зручний. У вимкненому стані у камери практично відсутні будь які виступаючі деталі. Можна покласти в кишеню і ні про що не турбуватися. Вдала комбінація видошукача



Рис. 2.15. JVC GR-DVX PRO

і відкидного дисплея – залежно від умов зйомки завжди дозволяє вибрати зручніший. Проте за малі розміри доводиться платити – управління зйомкою не є достатньо зручним: ручне регулювання фокусу, експозиції і балансу білого. Можливо скористатися 12 відеоефектами, зокрема такими екзотичними, як відеовідлуння або стилізація під кіноплівку (не плутати з «сепією», хоча і вона теж присутня). Для повного набору додано 18 типів монтажних переходів (зокрема з «випадковим перебором»): тут і фейдери «в біле», «в чорне», «в мозаїку» і «в чорно-біле», різні типи шторок.

Структурна схема відеокамери

Під відеокамерою у побуті зазвичай розуміють об'єднані в одному корпусі малогабаритну телевізійну камеру і малогабаритний відеомагнітофон. На рис. 2.16 наведено спрощену структурну схему такого моноблочного варіанту.

Оптичне зображення, сфокусоване об'єктивом на мішені перетворювача світло – сигнал, формує електричний сигнал, який містить інформацію щодо складових яскравості знятої сцени, та щодо її кольору. В результаті посилення, корекції, складання з імпульсами синхронізації і гасіння на виході процесора сигналу яскравості б сформовано повний телевізійний сигнал, що знаходиться в блоку відеомагнітофона. Сигнал кольору формують окремо від сигналу яскравості. Для формування сигналів трьох основних кольорів (R, G, B) на фронтальну поверхню мішені нанесено спеціальні растрові світлофільтри. В результаті на виході трубки формується сигнал, що містить в різних рядках суміш з цих кольорів – B+G, R+G, R+G+B і G. Спеціальною електронною схемою за допомогою фільтрації та затримки і вихідного сигналу передавальної трубки формують кольорорізнцеві сигнали R-Y і B-Y. Потім в каналі оброблення сигналів кольору здійснюють модуляцію кольорорізнцевих сигналів і формування сигналу колірної синхронізації, утворюючи сигнал кольору. Сигнал яскравості і сигнал кольоровості підсумовують, утворюють повний телевізійний сигнал і також він поступає в блок відеомагнітофона. Отриманий телевізійний сигнал зображення, що знімають, контролюють на екрані електронного видошукача.

У блоці малогабаритного відеомагнітофона здійснено перетворення сигналів яскравості і кольоровості до вигляду, зручного для запису їх на магнітну стрічку. Також, як і в блоці малогабаритної телевізійної камери, в блоці відеомагнітофона сигнали зображення оброблюють окремо. Після перетворення обидва сигнали підсумовують і подають на відео-головки, що обертаються, якими здійснюють запис сигналів зображення на магнітну стрічку.

На стрічку також записують сигнали звукового супроводу від вбудованого у відеокамеру мікрофона або від зовнішнього мікрофона, встановленого на об'єкті зйомки.

У режимі відтворення зчитаний із стрічки сигнал перетворюють у повний колірний телевізійний сигнал, контролювати який можна на екрані електронного видошукача з метою оцінення якості запису для демонстрації або по-

дальшого монтажу. Особливо важлива можливість оперативного перегляду знятого матеріалу для монтажу під час зйомки.

У тому або іншому ступені принципи побудови звичайних телевізійних камер і відеомагнітофонів є предметом вивчення інших фахових дисциплін. Тому в даному розділі лише наведено відомості, пов'язані з розробленням і створенням побутових малогабаритних систем відеозапису.

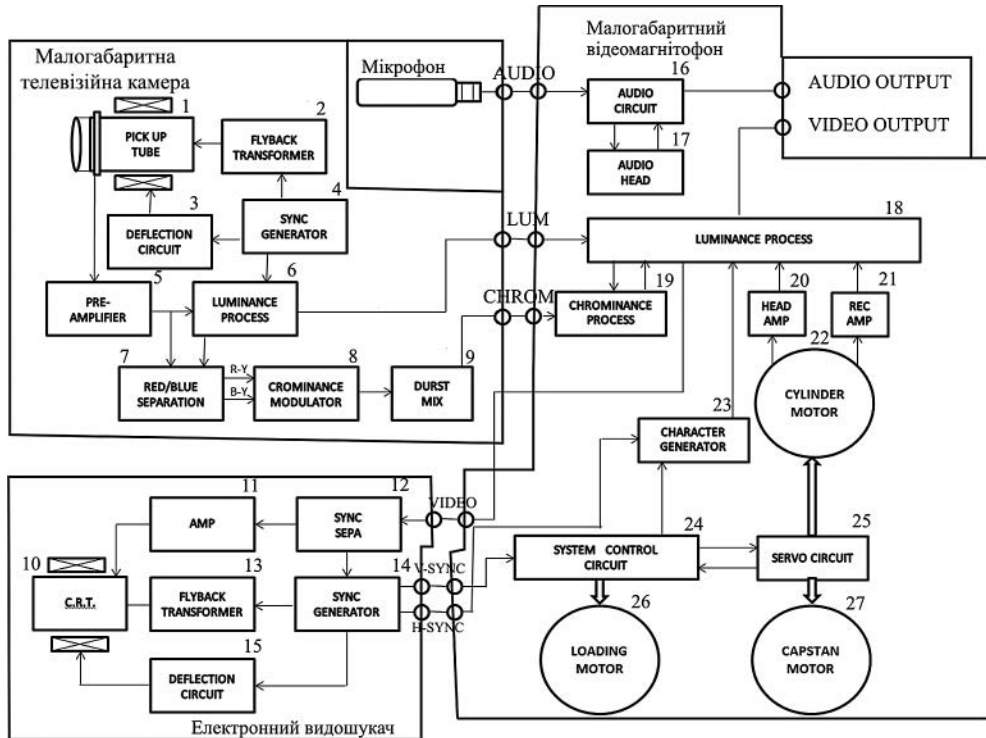


Рис. 2.16. Структурна схема відеокамери:

- 1 – об'єктив і перетворювач світло – сигнал; 2, 13 – трансформатор рядкової розгортки;
- 3, 15 – схема формування сигналів відхилення; 4, 14 – генератор синхроімпульсів;
- 5 – попередній підсилювач; 6, 18 – процесор сигналів яскравості;
- 7 – селектор кольорорізницеових сигналів; 8 – модулятор сигналів кольоровості;
- 9 – формувач кольорного спалаху; 10 – ЕПТ; 11 – підсилювач;
- 12 – селектор синхроімпульсів; 16 – процесор сигналів звуку; 17 – звукова головка;
- 19 – процесор сигналів кольоровості; 20 – підсилювач відтворення;
- 21 – підсилювач запису; 22 – двигун БГО; 23 – генератор символів;
- 24 – процесор системного контролю; 25 – система автоматичного регулювання;
- 26 – двигун заправки стрічки в СПМ; 27 – двигун привідного валу

Це моноблочний варіант, проте, в ширшому визначенні, яке застосовують у науково-технічній літературі, під відеокамерою мають на увазі і комплект апаратури, що забезпечує можливість зйомки магнітофільмів. Відеокамера може бути побудована за блоковим принципом, коли малогабаритна телевізій-

на камера є окремим блоком, сполученим простим кабелем з малогабаритним відеомагнітофоном.

Подібна система має переваги як з позицій роздільного функціонального використання: відокремлені відеомагнітофон та телевізійна камера, що транслює зображення і звук на домашній телевізор, так і з позицій послідовного, поступового створення всього комплексу, частини якого функціонально можуть використовуватися за відповідного придбання.

2.3. Електромагнітна реєстрація звуку і зображень на магнітних дисках

В основі роботи магнітних носіїв – накопичувачів на жорстких і гнучких дисках є явище електромагнетизму. Воно було відкрито данським фізиком Хансом Ерстедом в 1820 році. Суть його полягає в тому, що під час пропускання через провідник електричного струму навколо нього утворюється магнітне поле (рис. 2.17), що можна візуалізувати у вигляді концентричних кіл феромагнітної речовини (порошку).

За зміною напрямку струму полярність магнітного поля також змінюється на протилежну.

Це явище використовують у процесі електромагнітного запису на стрічковий або дисковий феромагнітний носій (рис. 2.18).

Проте існує і протилежний ефект: у провіднику, на який впливає змінне магнітне поле, наприклад від носія інформації, виникає електричний струм. За зміни полярності магнітного поля змінюється і напрям електричного поля. Це явище використовують для електромагнітного відтворення інформації (рис. 2.19).

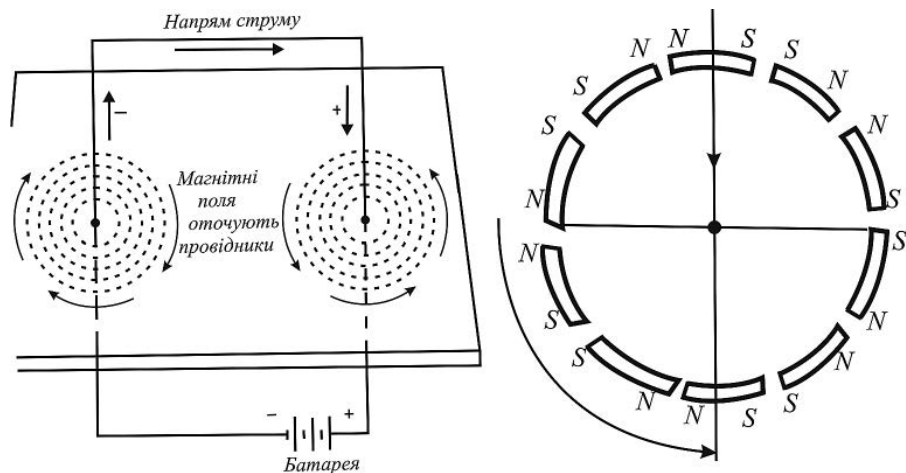


Рис. 2.17. Процес магнітного запису постійним магнітним полем

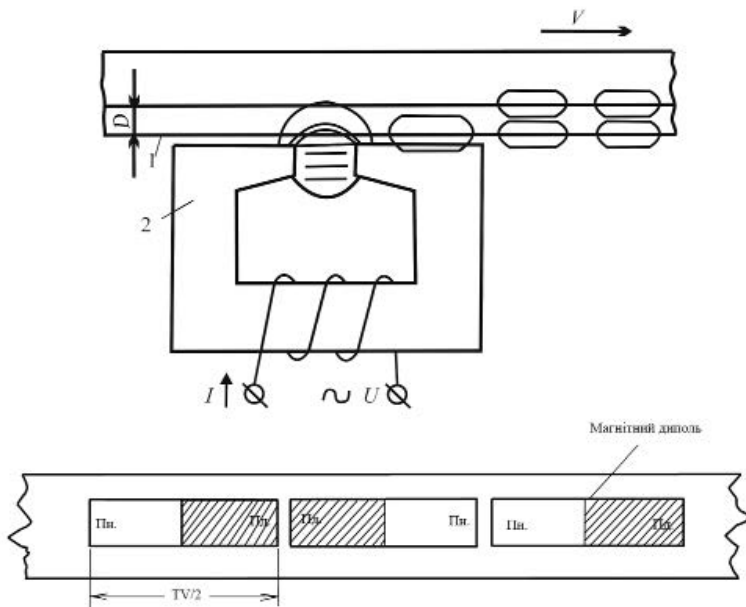


Рис. 2.18. Процес електромагнітного запису змінним магнітним полем:
 (Пн – північний магнітний полюс, Пд – південний магнітний полюс)
 1 – носій; 2 – головка; D – товщина робочого шару носія;
 I – струм запису; V – швидкість руху носія; U – напруга сигналу

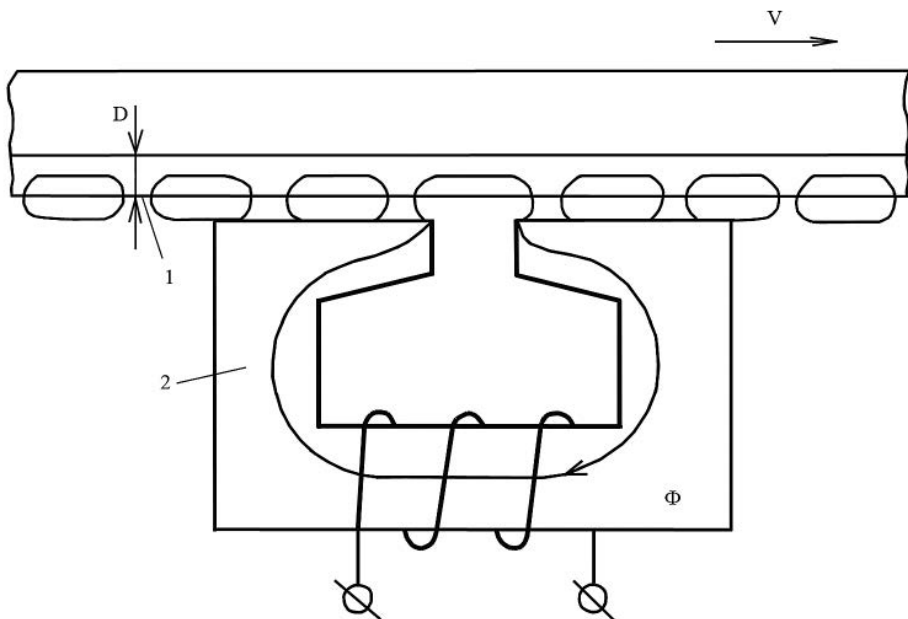


Рис. 2.19. Процес електромагнітного відтворення від носія інформації:
 Ф – магнітний потік; 1 – носій; 2 – головка

Доріжки запису на дискових магнітних носіях розташовуються концентрично з певним проміжком (рис. 2.20).

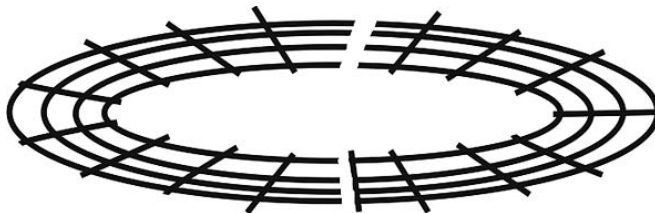


Рис. 2.20. Форматування жорсткого диска на доріжки і сектори

Низькорівневе форматування жорстких дисків

Подібно до дискет, жорсткий диск логічно ділять на доріжки і сектори (рис. 2.19). У зв'язку з тим, що накопичувач має декілька дисків, розташованих один під одним, розподіл дисків ідентичний. Тому під час розгляду жорстких дисків частіше говорять про циліндри, ніж про доріжки.

Кількість дисків, голівок і доріжок накопичувача визначає виробник, з властивостей і якості дисків. Змінити ці характеристики не можна. Кількість секторів на диску залежить від методу запису. У одному секторі розташовується 512 байт (у системі DOS). За цієї величини, завжди можна розрахувати загальний об'єм накопичувача.

Гнучкі магнітні диски 3,5" (89 мм)

Конструкція тридюймової дискети має декілька переваг в порівнянні з п'ятидюймовою. У тридюймової дискети конверт жорсткий (рис. 2.21) він лише злегка гнеться і добре захищає гнучкий магнітний диск (ГМД).

На відміну від п'ятидюймової дискети, в конверті якої є великий відкритий виріз для доступу головок читання/запису, у тридюймової він закритий металевою або пластиковою засувкою, що запобігає потраплянню пилу на робочу поверхню диска. Вона відкривається автоматично лише тоді, коли дискета вставлена в дисковод. Один кут дискети зрізано так, що диск запускається якщо його правильно вставлено в дисковод. Це є захистом від некоректної установки. Тридюймова дискета забезпечена отвором з ковзною пластиковою засувкою. Якщо засувка закриває отвір, то можливе читання, запис і форматування дискети, якщо немає – дискета захищена від запису.

Хоча площа робочої поверхні тридюймової дискети в два рази менша, ніж п'ятидюймової, на ній можна зберігати більше інформації – 1,44 або 2,88 Мбайт. Це є результатом використання покращеного магнітного покриття і точніших конструкційних складових (рис. 2.22). Проблему підвищення зносостійкості центрального кільця магнітного диска розв'язано використанням металевого кільця. У тридюймових дискетах щільність запису досягає 135 доріжок на дюйм (на практиці зазвичай 80).



Рис. 2.21. – Гнучкий магнітний диск 3,5”

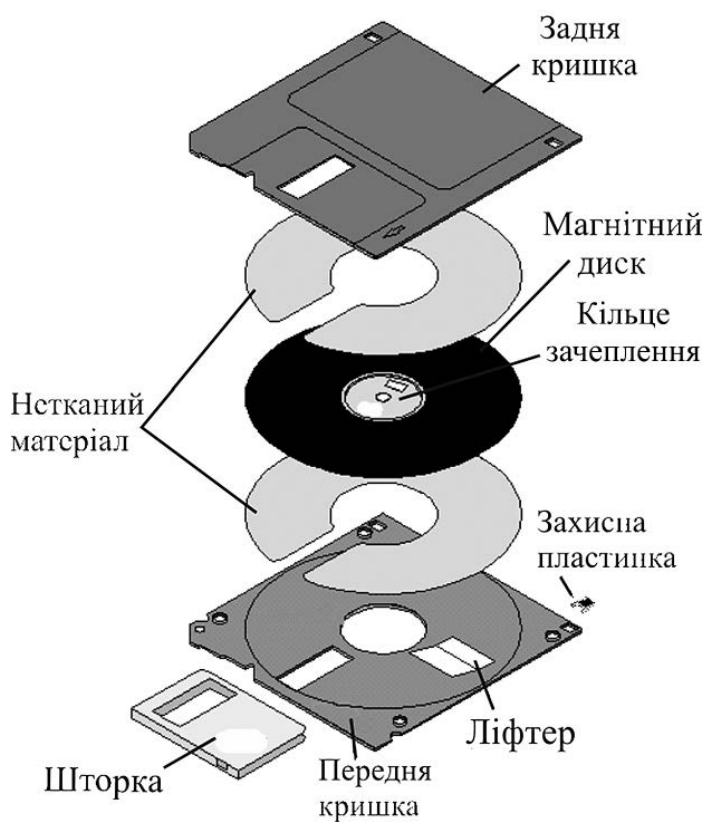


Рис. 2.23. Внутрішній склад гнучкого магнітного диска 3,5”

У деяких комп'ютерах ще застосовують ГМД 3,5 дюйма, розраховані на зберігання 1,44 Мбайт даних. Ємкість ГМД на цей час доведена до 2,88 Мбайт. Проте в комп'ютерах попередніх років іноді застосовували диски ємкістю 720 кбайт (стандарт DD – подвійній щільності). Диски високої щільності (HD), використовувані в операційній системі PS/2, дозволяють збільшити щільність запису на кожній доріжці в два рази (18 секторів на доріжку), внаслідок чого об'єм інформації, що зберігається, збільшується до 1,44 Мбайт. Дискети стандарту OD – збільшеної учетверо щільності – не знайшли широкого застосування. На диску HD в кутку є невеликий квадратний отвір, що свідчить про те, що це диск високої щільності.

Крім того, існують тридюймові дискети з надвисокою щільністю запису (стандарт ED), що забезпечують зберігання інформації до 2,88 Мбайт (36 секторів на доріжку). Основу їх магнітного шару складає ферит барію, та покриття товще, ніж у дисків інших стандартів. Це дозволяє використовувати метод вертикального запису, за якого магнітні домени виявляються орієнтованими у вертикальній, а не в горизонтальній площині. Розташовуються вони при цьому компактніше що забезпечує вищу щільність запису.

Накопичувачі на жорстких магнітних дисках

Найменування – жорсткий магнітний диск (ЖМД) – підкреслює його відмінність від гнучкого диска: магнітне покриття нанесено на жорстку підкладку. До речі, термін жорсткий диск (hard disk) використовують, в основному, в англomовних країнах. Перший накопичувач на жорстких дисках створено в 1973 р. за технологією фірми ІВМ. Він мав кодове позначення «30/30» (двосторонній диск ємністю 30+30 Мбайт). Це кодове позначення співпадало з позначенням калібру легендарної мисливської рушниці «вінчестер», що використовувався під час завоювання Дикого Заходу. Такі ж наміри були і у розробників жорсткого диска; найменування «вінчестер» отримало широке розповсюдження.

Деякі знавці історії розвитку комп'ютерів стверджують, що пристрій отримав назву «вінчестер» тому, що технологія створення плаваючої (ковзної) магнітної головки була розроблена англійським відділенням лабораторії ІВМ, що знаходиться в місті Вінчестер. Дійсно, такі роботи проведено в лабораторії Вінчестера, але фірма ІВМ офіційно дотримується першої версії виникнення назви накопичувачів на жорстких дисках.

Будова накопичувачів на жорстких дисках

У даний час як базові підприємства, так і дочірні фірми випускають декілька десятків типів накопичувачів на жорстких дисках. Принципи роботи більшості накопичувачів однакові (рис. 2.23).

Основними елементами конструкції типового накопичувача на жорстких дисках є:

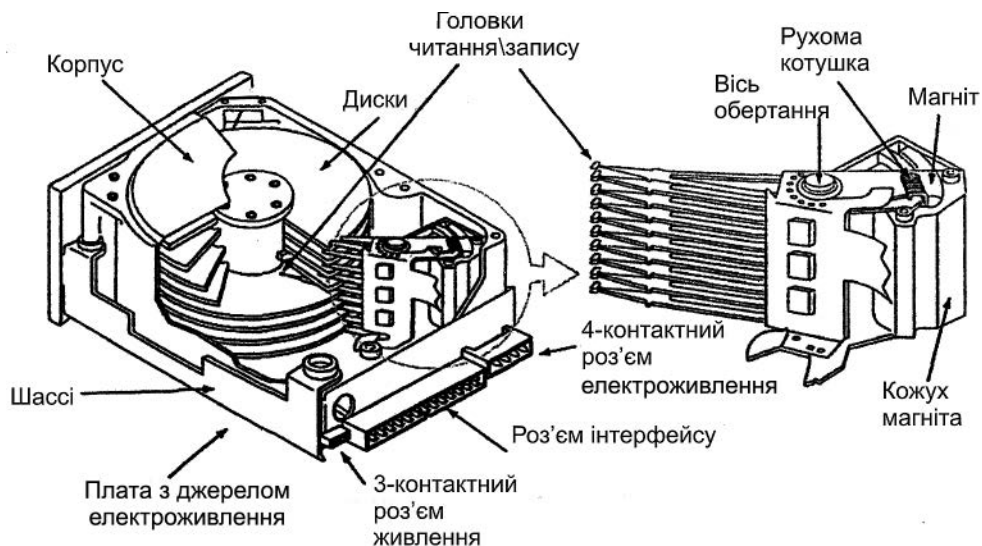


Рис. 2.23. Основні елементи накопичувача на жорстких дисках

- магнітні диски;
- головки запису/відтворення;
- механізм приводу головок (поворотний або прямолінійний рух – позиційне);
- двигун приводу дисків;
- друкована плата з електронним вузлом управління;
- різними, елементами конфігурації і монтажу;
- несний корпус, з герметичною кришкою.

Типовий накопичувач складено з гермоблока (рис. 2.24) і плат електронного блоку. У гермоблоці розміщено всі механічні частини, на платі – вся електроніка, що керує, за винятком перед-підсилювача, розміщеного усередині гермоблока поблизу голівок.

Усередині гермоблока встановлено шпиндель з одним або декількома магнітними дисками. Під ними розташовано двигун. Близьче до рознімів, з лівого або правого боку від шпинделя, розташовано поворотний позиціонер магнітних головок (рис. 2.25). Обмотку позиціонера охоплює статор, що є постійним магнітом. На хвостовику позиціонера, зазвичай, розташовано так звану магнітну клямку – мініатюрний постійний магніт, який за крайнього внутрішнього положення головок притягується до поверхні статора і фіксує коромисло позиціонера. Позиціонер сполучено з платою перед-підсилювача гнучким стрічковим кабелем (іноді одножильними проводами). Гермоблок заповнюють повітрям під тиском в одну атмосферу. Вимоги до чистоти повітря високі – тобто повністю виключено наявність у нім пилу. У кришках гермоблоків деяких вінчестерів спеціальний отвір, заклеєно плівкою, що фільтрує, для вирівнювання тиску усередині блоку і зовні, а також для адсорбції пилу.



Рис. 2.24. Вінчестер (жорсткий диск)



Рис. 2.25. Конструкція ЖМД з магнітоелектричним приводом (магнітопровід знятий)

Розділ 3. Оптичні системи реєстрації

3.1. Оптико-лазерна реєстрація інформації

Останнім часом найбільшого поширення для реєстрації зображень набула апаратура, що використовує оптичні диски CD-ROM, CD-RW тощо. Переваги оптичних носіїв зображень за іншими видами – у величезній ємності запису, простоті її здійснення, можливості багаторазового перезапису, високій роздільній здатності, низькій вартості носіїв (легкознімних дисків), простота обміну інформацією тощо.

Назву ця система реєстрації отримала від поєднання складних оптичних пристроїв з лазерним джерелом випромінювання для запису і відтворення зображень.

Існує декілька типів оптичних накопичувачів інформації, які використовують за різним призначенням, а саме:

- CD-ROM – компакт-диски, пристрої, що лише запам'ятовують;
- CD-R (WORM) – накопичувачі з одноразовим записом;
- Магнітооптичні (МО) накопичувачі, на які можливий багатократний запис.

Робота цих оптичних накопичувачів інформації заснована на лазерній технології. В різних її варіантах промінь лазера можна використовувати для запису даних на носій інформації або для зчитування раніше записаних даних.

CD-ROM – це компакт-диск (CD – compact disk – англ.), призначений лише для зберігання в цифровому форматі заздалегідь записаної на ньому інформації і зчитування її із застосуванням відповідного пристрою – приводу.

У даний час CD-ROM широко використовують для зберігання найрізноманітнішої інформації:

- системного, інтегрованого та прикладного програмного забезпечення;
- довідників і енциклопедій, книг та навчальних посібників;
- комп'ютерних ігор, розважальних програм;
- архівів, баз даних, фото- та відеозображень, аудіозаписів тощо.

У складі оптико-лазерного пристрою запису-відтворення зображень є: оптичний жорсткий диск (носій інформації), джерело лазерного випромінювання (лазер), оптична частина для запису-відтворення інформації (об'єктиви, призми, дзеркала, фотодавач) і рушійний механізм дисків (РМД), який містить позиціонер. Останній забезпечує задане переміщення оптико-лазерної головки (ОЛГ) відносно оптичного диска, який обертається.

Основним елементом запису-відтворення зображень є **напівпровідниковий лазер**.

Лазер (LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation – англ. посилення світла вимушеним випромінюванням), оптичний квантовий генератор, – джерело когерентного оптичного випромінювання, дія якого заснована на використанні індукованого випромінювання світла системою збу-

джених атомів, іонів, молекул або інших частинок речовини (активним середовищем), розміщеного в оптичному резонаторі. (рис. 3.1) Під дією зовнішнього випромінювання (певної частоти) активне середовище здатне здійснювати вимушені квантові переходи і підсилювати це випромінювання. Таке посилення можливе, якщо активне середовище є в стані з *інверсією концентрації*, коли кількість частинок на збудженому енергетичному рівні перевищує кількість частинок на нижньорозміщеному рівні. Для створення і підтримки в активному середовищі інверсії концентрації застосовують спеціальні методи, залежно від структури активного середовища. За багатократного проходження підсиленого випромінювання між дзеркалами оптичного резонатора формується потужний спрямований пучок лазерного випромінювання. Звичайне лазерне випромінювання емітує з резонатора через одне з дзеркал, яке є частково прозорим. За типом активного середовища розрізняють: *газові лазери, рідинні лазери, твердотільні лазери*, до яких можна віднести також *напівпровідникові лазери*.

Лазерне випромінювання охоплює широкий діапазон довжин хвиль – від вакуумного (УФ) до довгохвильового (ІЧ) і субміліметрового. Лазери можуть випромінювати в різних режимах: безперервно протягом тривалого часу, одноразово як одиночний спалах, в імпульсному режимі з різними частотами.

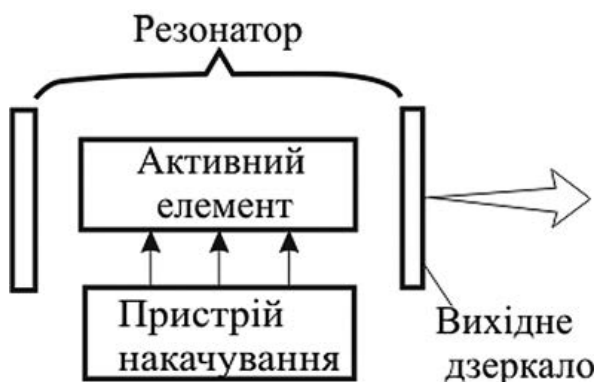


Рис. 3.1. Схема будови лазера

У 60-х роках встановлено, що напівпровідники є ефективним матеріалом для лазерів. Якщо з'єднати дві пластини з напівпровідників різної провідності (*p-n*), то посередині між ними утворюється так звана «перехідна зона» (рис. 3.2). Атоми речовини, що знаходяться в ній, здатні збуджуватися за проходження електричного постійного струму (+, –) поперек зони контакту і генерувати світло. Дзеркалами, необхідними для отримання лазерного випромінювання, можуть бути поліровані і посріблені грані самого кристала напівпровідника.

Серед напівпровідникових лазерів найкращім вважають лазер на основі арсеніду галію – з'єднання рідкісноземельного елемента галію з миш'яком. Його інфрачервоне випромінювання має потужність до десятка ват.

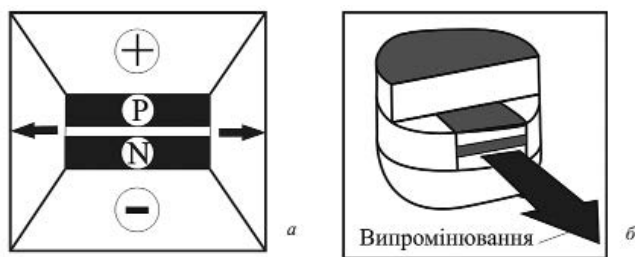


Рисунок 3.2 – Конструкція напівпровідникового лазера:
 а – підключення та напрям поширення; б – поляризація випромінювання

Інформація, що зберігається на CD-ROM, на відміну від інформації, що зберігається на магнітних дисках, практично не зазнає руйнівної дії електричних і магнітних полів і в значно меншому ступені підлягає стиранню в результаті природного старіння матеріалу носія. Окрім того, вартість запису і зберігання одиниці інформації на CD-ROM значно менша, ніж на магнітних дисках.

Процес виготовлення CD реалізовано у декілька етапів. Підготовчий етап полягає у формуванні інформаційного файлу для подальшого запису за спіраллю Архімеда (як і в механічному запису) на носій, який використовують як склопластиковий диск з покриттям з фоторезистивного матеріалу. Наступний етап – запис на носій даних лазерним променем як послідовність розташованих за спіраллю поглиблень (штрихів).

Глибина кожного штриха (*pit*) дорівнює 0,12 мкм (рис. 3.3). Вони розташовані вздовж спіральної доріжки, відстань між сусідніми витками якої складає 1,6 мкм, що відповідає щільності 16 000 витків/дюйм (625 витків/мм). Довжина штрихів уздовж доріжки запису є у межах від 0,8 до 3,3 мкм.

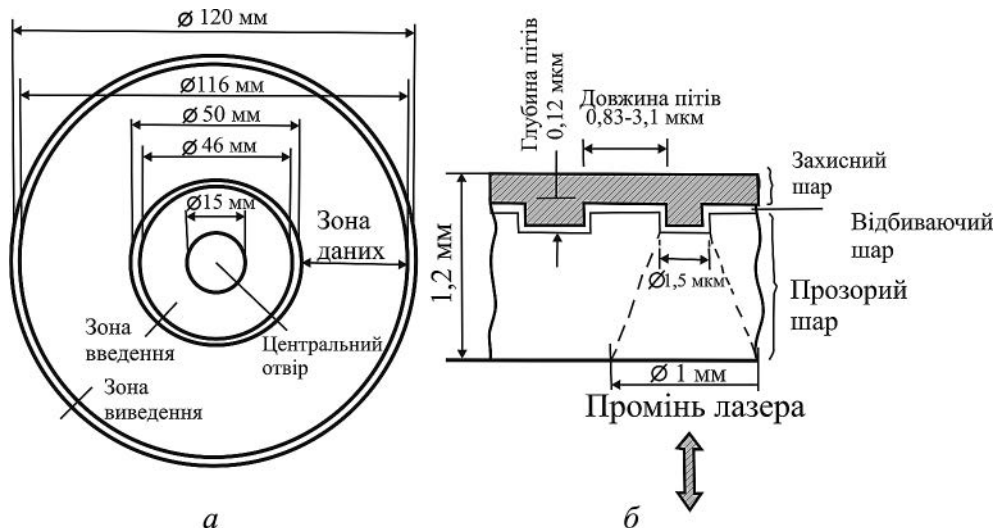


Рис. 3.3. Компакт-диск: а – геометричні характеристики;
 б – поперечний перетин

Запис інформації на стандартний диск може тривати до 1,5 годин (за одноразову швидкість запису), при цьому лінійна швидкість в зоні запису підтримується незмінною.

Наступний етап полягає в прояві фоторезистивного шару і металізації диска. Виготовлений за такою технологією диск називають *майстер-диск*ом. Для тиражування компакт-дисків з майстер-диска знімають декілька робочих копій (методом гальванопластики). Робочі копії покриті міцнішим металевим шаром (наприклад, нікелем), ніж майстер-диск та їх можуть використовувати як матриці для тиражування CD (до 10 тис. шт. кожної матриці). Тиражування, або процес реплікації дисків, здійснюють методом гарячого пресування. Після пресування інформаційну сторону диска піддають вакуумній металізації шаром алюмінію. Після цього диск покривають шаром лаку. Диски, виконані методом гарячого штампування, відповідно до паспортних даних, забезпечують до 10 000 циклів безпомилкового зчитування даних.

Швидкість передавання даних

Швидкість передавання даних (*data transfer rate* – англ. – DTR) – це максимальна швидкість, з якою дані пересилають від носія інформації до оперативної пам'яті комп'ютера. Це найбільш важлива характеристика приводу CD-ROM, яку практично завжди зазначено разом з назвою моделі. Безпосередньо із швидкістю передавання даних поєднано такий параметр, як швидкість обертання диска («кратність»). Перше покоління приводів (або дисководів) CD-ROM мали швидкість передавання даних 150 кбайт/с, як і програвачі аудіо CD. Швидкості передавання даних наступних поколінь пристроїв, як правило, кратні цьому числу (150 кбайт/с). Такі приводи отримали назву «накопичувачів з дво-, три-, чотирикратною швидкістю тощо». Швидкість передавання даних приводів з *n*-кратної швидкістю залежить від типу інформації. Наприклад, якщо інформація із звукового диска, то швидкість передавання складає 150 кбайт/с (*normal speed*), а якщо це файли даних – то швидкість передавання може сягати 300, 450, 600 кбайт/с тощо. Іноді для характеристики накопичувачів на CD-ROM використовують такий показник, як швидкість постійної передавання даних (*Sustained Data Transfer* – SDT).

Швидкість передавання даних приводів CD-ROM різної кратності наведено в таблиці 3.1.

З переходом на швидкісні моделі приводів є тенденція до розмивання поняття «кратність». Річ у тому, що термін «кратність» відповідає не кутовій швидкості обертання диска, а лінійній швидкості руху доріжки диска зчитувального пристрою. У цьому полягає важлива відмінність накопичувача CD-ROM, наприклад, від накопичувача на жорстких дисках. Спричинено це історичними причинами: якщо однією з головних цілей конструкторів жорстких дисків було підвищення середньої продуктивності накопичувачів, то дисководи CD-ROM спочатку проектувалися для потреб аудіотехніки, де пріори-

тетом була, усталеність швидкості передавання даних, незалежно від того, з якої області диска в даний момент проводять зчитування – із зовнішньої або внутрішньої. До недавнього часу приводи CD-ROM, на відміну від накопичувачів на магнітних дисках, використовували метод зчитування інформації зі сталою лінійною швидкістю (Constant Linear Velocity – CLV), за якого кутова швидкість обертання диска є величиною змінною, залежною від місця зчитування інформації (зменшується за просуванням головки від центру до краю диска).

Таблиця 3.1 – Швидкість передачі даних залежно від кратності приводу CD-ROM

Кратність швидкості приводу CD-ROM	Швидкість передавання даних, Кбайт/с	Швидкість передавання даних, байт/с
1x	150	153 600
2x	300	307 200
3x	450	460 800
4x	600	614 400
6x	900	921 600
8x	1200	1 228 800
10x	1500	1 536 000
12x	1800	1 843 200
16x	2400	2 457 600
20x	3000	3 072 000
24x	3600	3 686 400
32x	4800	4 915 200

Висока швидкість передавання даних приводу CD-ROM необхідна, перш за все, для синхронізації зображення і звуку. За недостатній швидкості передавання можливий пропуск кадрів відеозображення (тремтіння зображення) і спотворення звуку. Як відомо з опублікованих результатів тестування, приводи CD-ROM з двократною швидкістю передавання даних не можуть із задовільною якістю відтворювати відеозображення з частотою 30 кадрів/с. Приводи 6x можуть пропускати від 25% до 47% кадрів. У моделей з кратністю 8x і 10x спостерігають, як правило, від 5% до 45% пропущених кадрів.

Офіційно наданий наприкінці 1997 р. привод CD-ROM з 32-кратною швидкістю передавання даних багато аналітиків вважали як останній етап у розвитку традиційної технології створення подібних пристроїв. Така точка зору була заснована на тому, що, по-перше, з'явилася перспективніша технологія – DVD, а по-друге, потенціал вдосконалення технології накопичувачів на CD-ROM внаслідок підвищення кратності швидкості передавання даних вичерпано. За підвищення швидкості обертання CD (досягнута швидкість 7200 об/хв.) не забезпечується необхідний рівень якості зчитування. Однак в подальшому цю кратність було перевищено. Моделі приводів з кратністю 24x, 32x і 48x (швидкість передавання даних від 3600 кбайт/с до 7,2 Мбайт/с) – сучасне покоління накопичувачів на CD-ROM.

Спрощений алгоритм функціонування приводу CD-ROM є таким. Після укладання CD у завантажувальний пристрій, електромеханічний пристрій призводить до обертання диска. Оптико-механічний блок забезпечує переміщення оптичної головки зчитування за радіусом диска і зчитування інформації. Напівпровідниковий лазер генерує малопотужний інфрачервоний промінь (типова довжина хвилі 780 нм, потужність випромінювання 0,2...5,0 мВт), який потрапляє на дзеркало, що віддзеркалює (рис. 3.4).

Серводвигун за командами, що надходять від вбудованого мікропроцесора, переміщує рухоми каретку з дзеркалом, що віддзеркалює, до потрібної доріжки на компакт-диску. Відбитий від диска промінь фокусує лінза, розташована під диском, далі він віддзеркалюється від дзеркала і потрапляє на роздільну призму, яка направляє промінь на другу фокусувальну лінзу. Далі промінь потрапляє на фотодавач, що перетворює світлову енергію в електроімпульси. Сигнали з фотодавача надходять на універсальний декодер.

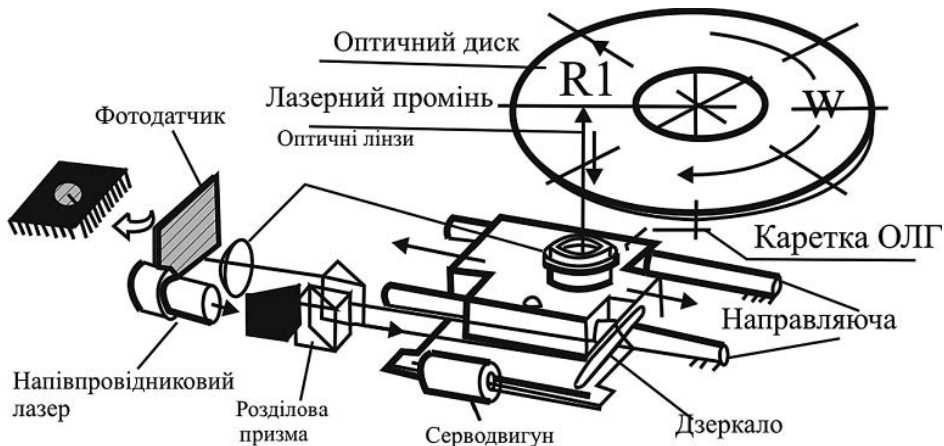


Рис. 3.4. Конструкція оптико-механічного блоку приводу CD-ROM

Високу точність зчитування інформації забезпечено складними системами автоматичного стеження за поверхнею диска та доріжками запису даних. На рис. 3.5 наведено оптичну схему приводу CD-ROM, а на рис. 3.6 – зовнішній вигляд.

Щоб уникнути втрат інформації, в приводах CD-ROM застосовують систему автоматичного стеження. Для стеження за радіальним переміщенням доріжки запису застосовують пристрій, робота якого заснована на використанні ефекту ослаблення інтенсивності світлового променя, що падає на приймальний фотодіод після віддзеркалення від різних ділянок доріжки. Існує декілька способів виділення керувального сигналу:

- три-променевий спосіб (промінь лазера розподілено на три складові: основну і дві допоміжні, які відхиляють за допомогою дифракційних ґраток);
- одно-променевий, з регулюванням протифази;

- одно-променевий, з вимірюванням різниці фаз;
- одно-променевий, з використанням допоміжного сигналу, що модулюють за частотою.

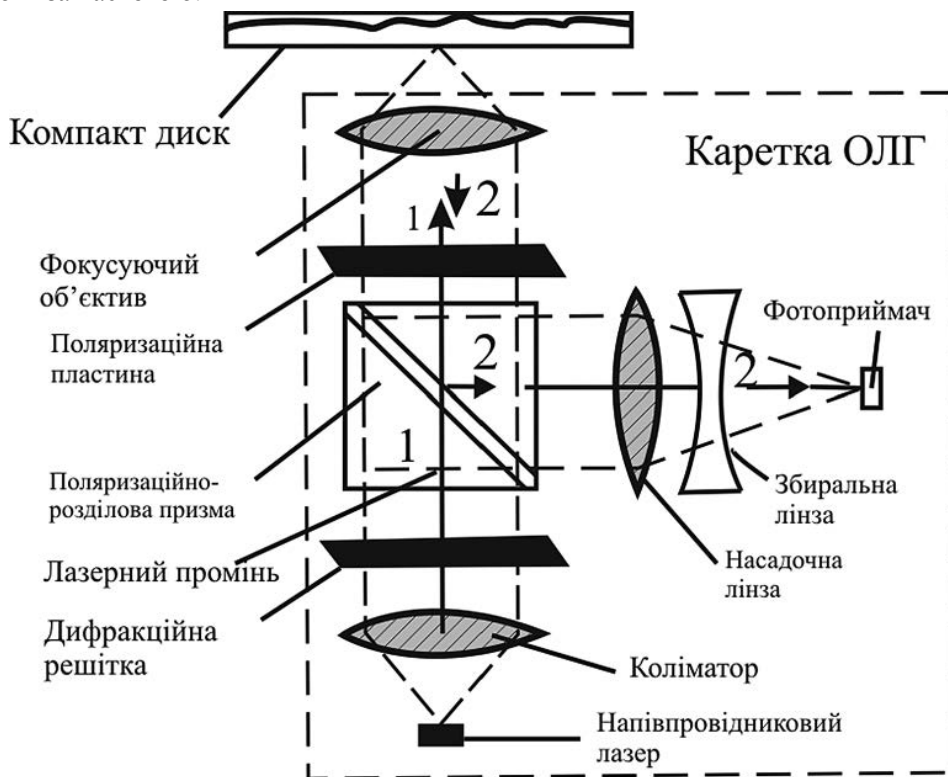


Рис. 3.5. Оптична схема приводу CD-ROM



Рис. 3.6. Зовнішній вигляд оптичного блоку приводу CD-ROM

Найбільшого поширення набув перший спосіб автоматичного стеження за доріжкою запису. Промінь напівпровідникового лазера (рис. 3.7) збирається коліматором (збиральною лінзою) в паралельний пучок і поступає на дифракційні ґрати, де розщеплюється на три промені. Один з променів зчитує інформацію, а два інших застосовні в системі радіального стеження за доріжкою. Далі всі три променя проходять через світлорозподільний кубик і поляризаційну пластину, де відбувається розділення променів що падають на диск і відбитих від нього. Об'єктив фокусує на диску промінь лазера діаметром близько 1 мкм. Якщо світлова пляма потрапляє на ділянки поверхні диска між поглибленнями (рис. 3.7, а), то промінь не розсіюється, а відбивається і, після заломлення, потрапляє на фотоприймач. Якщо ж промінь потрапляє на штрих (*pit*) (рис. 3.7, б), то відбувається дифракція світла (розсіювання) і до фотоприймача потрапляє тільки частина відбитого променя. За інтенсивністю реєстрованого відбитого світлового пучка фотоприймач відтворює записані на диску дані (як послідовність імпульсів різної інтенсивності, що перетворюються в нулі та одиниці інформації).

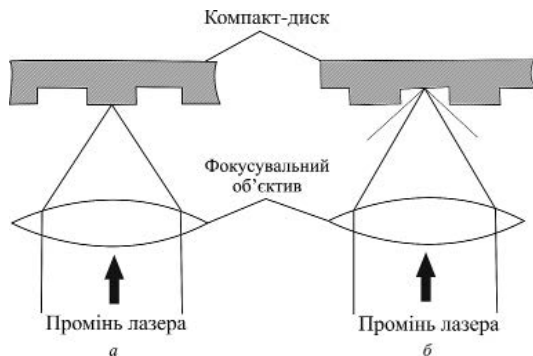


Рис. 3.7. Схема автоматичного стеження за доріжкою запису CD:
а – ділянка між поглибленням; б – піт (поглиблення)

Імпульсні сигнали з фотодавача оптичної головки поступають у підсилювач системи автоматичного регулювання (САР), де виділяють сигнали помилок стеження і здійснюють фазочастотну корекцію зчитуваного сигналу. Сигнали помилок стеження знаходяться у системі автоматичного регулювання фокусу (САР-Ф) і радіального стеження (САР-РС). Система автоматичного регулювання радіальної подачі (САР-РП) керує серводвигуном переміщення оптичної головки. Система автоматичного регулювання потужності випромінювання лазера (САР-П) підтримує її незмінною незалежно від температури навколишнього середовища і перепадів напруги. Система автоматичного регулювання лінійної швидкості (САР-ЛС) забезпечує постійну лінійну швидкість обертання диска (для приводу з одноразовою швидкістю обертання диска 1,2 м/с). Пристрій фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ) виділяє з сигналу EFM-коду (Eight to Fourteen Modulation – маніпуляція 8 біт на 14 біт для покращення завадозахищеності) сигнал тактової частоти, необхідний для роботи кодера.

Накопичувачі CD-R (CD-WORM)

Накопичувачі CD-R (Recordable) або CD-WORM (Write Once Read Many) дозволяють, як це випливає з назви, одного разу записати інформацію на диск і багато разів її прочитувати. Таким чином технологія CD-R є наступним кроком у розвитку накопичувачів на оптичних дисках. Відмінність технологій CD-WORM і CD-ROM полягає в тому, що під час запису даних на поверхні диска в першому випадку не випаляють поглиблення. Диск покрито спеціальним теплочутливим шаром фарбника з такими ж властивостями, як у алюмінієвого покриття, що віддзеркалює, звичайного CD (рис. 3.8). У разі запису інформації на диск промінь лазера розігріває шар золота і шар фарбувальної речовини. Відбувається хімічна реакція, в результаті якої опромінюваний лазерним променем ділянка на поверхні диска змінює свій колір, а отже, і свої відбивні властивості. Вони починають розсіювати світло таким чином, як поглиблення на майстер-диску звичайного CD. Читаючий лазер стандартного накопичувача CD-ROM сприймає ці ділянки як псевдопоглиблення (хоча це тільки плями) з меншим рівнем інтенсивності відбиваного світла (альбеда).

Диски CD-R мають зеленувато-золотистий колір, внаслідок термобарвнику, і золотому віддзеркалювальному шару під ним.

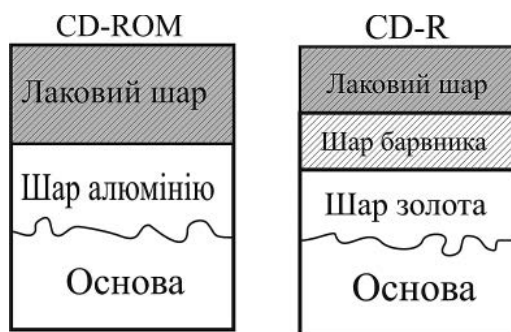


Рис. 3.8. Структура дисків CD-ROM і CD-R

Накопичувачі DVD

Щоб уникнути різноманіття (а часто несумісності) стандартів, у вересні 1995 р. фірма Sony спільно з вісьмома іншими фірмами запропонувала новий універсальний формат запису даних на CD – DVD (Digital Versatile Disc). Цей формат отримав активну підтримку від провідних світових електронних компаній, оскільки DVD задовольняє вимогам до відтворення відеозображень, а також до зберігання даних.

Іноді диски формату DVD ототожнюють з Digital Video Disks (цифровими відеодисками), проте вони не тотожні, тому що перші є попередниками дисків нового універсального стандарту Versatile. На рис. 3.9 показано пристрій для програвання відеодисків.



Рис. 3. 9. Програвачі компакт-дисків формату DVD

Використання формату DVD дозволяє наблизити якість відеозображення для побутових програвачів DVD до якості студійної ТБ-продукції. Параметри елементів робочої поверхні дисків, записаних у різних форматах, наведено на рис. 3.10.

Якість зображення, що зберігається у форматі DVD, дуже близько до якості професійних студійних відеозаписів. Якість запису звуку у форматі DVD також не поступається студійному. Високу якість звучання забезпечено використанням 16-, 20- або 24-розрядної лінійної імпульсно-кодової модуляції з частотою дискретизації 48 або 96 кГц, що забезпечує запис звуку в смузі частот шириною до 22 або 44 кГц відповідно. Передача звуку у форматі DVD проводиться із швидкістю 384 Кбайт/с, що дозволяє передавати в секунду 64 Кбайт по кожному з каналів за п'яти-канальної передачі. Тому максимальну частоту передавання даних використовують лише для роботи з аудіодисками, тобто в тих випадках, коли зображення є другорядним.

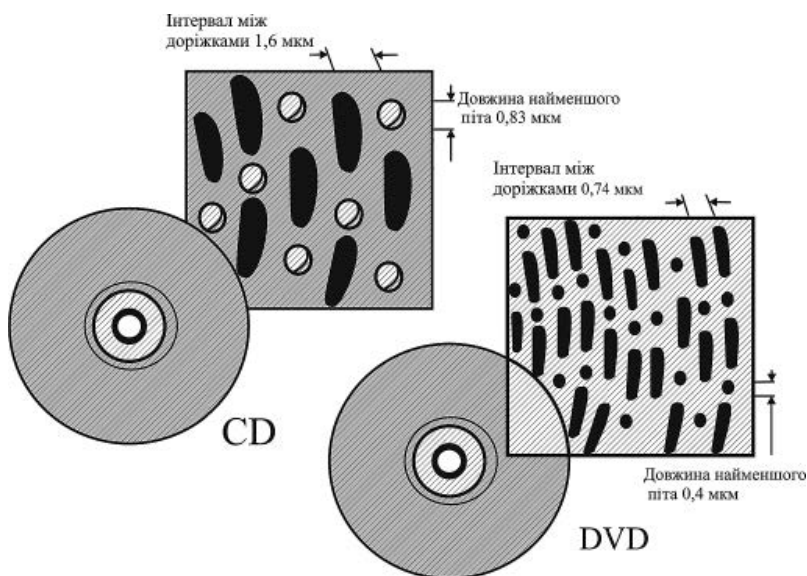


Рис. 3.10. Елементи робочої поверхні дисків форматів CD і DVD

Відповідно до першої редакції прийнятого стандарту, DVD-диск є одностороннім і може містити до 4,7 Гбайт інформації. Як і CD, диск формату DVD має діаметр 120 мм. У накопичувачі нового стандарту робочу довжину хвилі випромінювання знижена від 0,78 мкм до 0,63...0,65 мкм (видимий діапазон хвиль), що забезпечує можливість зменшення розмірів штрихів запису практично в два рази, а відстань між доріжками запису від 1,6 до 0,74 мкм.

Кожен двосторонній CD/DVD складено з двох дисків, щільно сполучених один з одним. Порівняльні характеристики стандартів CD-ROM і DVD наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Стандарти CD-ROM і DVD

Параметри дисків	CD-ROM	DVD
Діаметр, мм	120	120
Товщина, мм	1,2	1,2
Структура	Єдина	Два диски по 0,6 мм скріплюють
Довжина хвилі лазера, нм	780 (інфрачервоний)	650 і 635 (червоний)
Відстань між доріжками, мкм	1,6	0,74
Розмір поглиблення (піт), мкм	0,83	0,4
Швидкість обертання диска, об/хв	200-4200	570-1400
Ємність, Мбайт	680	4700 (одна сторона)
Швидкість передавання інформації, байт/с	150-3600 (1х-24х)	1350 (накопичувач DVD першого покоління)

У табл. 3.3 наведено значення ємності дисків DVD залежно від їх конструктивних особливостей.

Таблиця 3.3 – Характеристики дисків DVD

Конструкція диска	Ємність диска, Гбайт	Тривалість відтворення відеоінформації, хв.
Одна сторона, один шар	4,7	133
Дві сторони, один шар	9,4	266
Одна сторона, два шари	8,5	240
Дві сторони, два шари	17,0	481

У накопичувачах стандарту DVD застосовують вузький промінь лазера, ніж у приводах CD-ROM, тому товщину захисного шару диска знижено вдвічі (до 0,6 мм). З урахуванням того, що загальна товщина диска повинна залишитися незмінною (1,2 мм), під запобіжним шаром було розміщено зміцнюючий. На зміцнюючому шарі також почали записувати інформацію, що призвело до появи двошарових дисків DVD. Коли лазерним променем зчитують інформацію, записану на першому шарі, розташованому в глибині диска, промінь безперешкодно проходить через напівпрозору плівку, що створює другий шар CD. Після закінчення зчитування інформації з першого

шару, за командою контролера, змінюють фокусування променя лазера. Промінь фокусується у площині другого (зовнішнього) напівпрозорого шару для подальшого зчитування даних.

Для доступу до даних на іншій стороні двостороннього диска його треба перевертати вручну. Кращими є приводи DVD, оснащені двома незалежними системами зчитування. Можливі варіанти CD/DVD представлено на рис. 3.11.

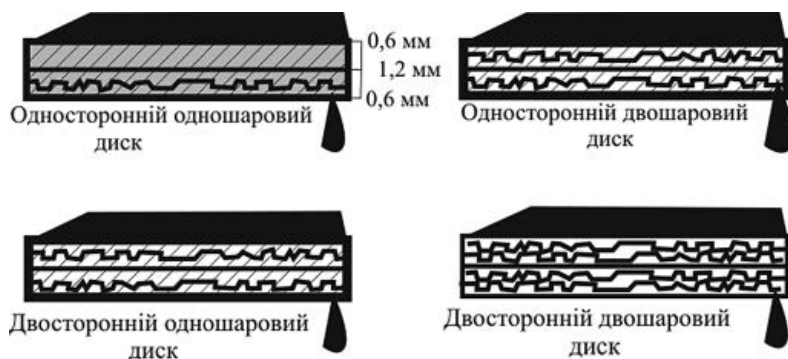


Рис. 3.11. Можливі варіанти CD/DVD

Так само як CD здійснив революцію в області якісного звуковідтворення, так і поява формату DVD підвищила якість домашнього відео. Фактично якість сучасних відеозображень наближається до рівня «D-1» стандарту на якість студійної телевізійної продукції CCIR-601.

DVD дозволяє отримати значно більш яскравий колір, чіткість і чистоту зображення, що перевершують якість, що забезпечено за стандартом Laserdisc. DVD підтримує високе розрізнення і чіткість відображення дрібних деталей зображення. Спотворення відеозображення зведено до мінімуму, усунуто характерний колірний шум. Порівняльні характеристики відеозображення, записаного в різних форматах, наведено на рис. 3.12.

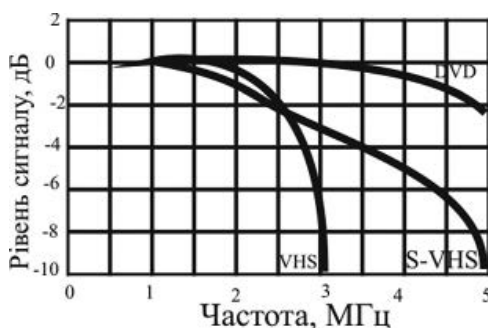


Рис. 3.12. Максимальне горизонтальне розрізнення у форматах: VHS (3 МГц, 240 твл); S-VHS (5 МГц, 400 твл) і DVD (6 МГц, 480 твл); твл – телевізійні лінії

Конструкції рушійних механізмів оптичних дисків

Одним з основних блоків дискових оптичних пристроїв, що визначають параметри запису-відтворення зображень, є рушійний механізм дисків (РМД), призначений для заданої алгоритмом безконтактної взаємодії оптичного диска (носія інформації) з лазерною оптичною голівкою (елементом запису-відтворення цієї інформації). Рушійні механізми дисків визначаються кількістю розміщуваних оптичних дисків (один, три, чотири або п'ять, наприклад за рис. 3.13), та діаметром.

Оптичні диски (ОД) належать до жорстких конструктивних елементів і в більшості пристроїв запису-відтворення їх встановлюють на РМД як легкоз'ємні касети (аналог касетних відеомагнітофонів), тому в механізмах є пристрій подавання, установлення та фіксації на приводному валу електродвигуна для режимів запису-відтворення.

Окрім того, після цих режимів в механізмах передбачена функція розфіксації з валом приводного електродвигуна та автоматичного подавання на спеціальній платформі назад у початкове положення (EJECT).

Постійну фіксацію оптичних дисків на валу приводного двигуна застосовують тільки в пристроях спеціального запису. Згідно класифікації в РМД застосовують прямолінійний рух оптичної лазерної голівки (ОЛГ) від центру обертання диска до його периферії (за радіусом), хоча є приклади, де застосовують поворотний рух голівки (рідко). Передача руху від електродвигуна на каретку з ОЛГ (важіль позиціонера) можна виконувати зубчасте-рейковим, гвинтовим або іншими механізмами, відомими з точної механіки, що буде детально розглянуте дещо нижче.

За аналогією з механізмами магнітофонів та відеомагнітофонів, де їх кінематичні схеми іменують за кількістю приводних електродвигунів (одно-, дво-, три-моторні тощо), механізми дискових носіїв можна таким же чином класифікувати. Типова кінематична схема РМД, зазвичай, містить три електродвигуни: перший для обертання оптичного диска Ед1 (зазвичай, самий прецизійний), другий для переміщення оптичної лазерної голівки Ед2 уздовж радіусу диска і третій Ед3 для установки оптичного диска на шпindel обертання Ед1 і його вилучення після роботи механізму. Привід оптичного диска зазвичай безпосередній (без будь яких передач), на валу двигуна Ед1 жорстко розміщено фланець із зовнішнім гумовим кільцем і розміщеною усередині магнітною шайбою для притиску сталевго фланця, що самовстановлюється, й притискує з достатньою фрикційною силою оптичний диск. Цей фланець розміщують на поперечній планці, яку жорстко закріплено на носійному корпусі РМД. Двигун Ед1, зазвичай, кріплять на платформі, де також розміщена напрямна подовжнього переміщення каретки з ОЛГ, що забезпечує високу паралельність геометричних осей лазерної голівки ОЛГ і обертання двигуна Ед1. На платформі розміщують також електродвигун Ед2 приводу лазерної голівки, зазвичай, через прецизійну зубчасту передачу. Для такої кінематичної схеми – це двосту-

пінчаста передача: черв'ячна і зубчасте-рейкова, що містить черв'як, черв'ячне колесо, прямозубе зубчасте колесо, що переміщає зубчасту рейку, яка жорстко сполучена з кареткою лазерної головки. Зазвичай, застосовують колекторний двигун Ед2 постійного струму прямого приводу.

В платформі (рис. 3.14), розміщено привод оптичного диска і механізм позиціонування (здійснює точне знаходження позиції – положення ОЛГ щодо оптичного диска) з двигуном Ед2, якій закріплено усередині носійної платформи прямокутної форми через гумові втулки. Механізм введення/вилучення оптичного диску забезпечує невеликий поворот за стрілкою і підйом шпинделя з фланцем і розмішеним на ньому оптичним диском до фіксації диска фланцем поперечної планки носійного корпусу РМД, що самовстановлюється. Притискаючи оптичний диск, фланець обертається без ковзання разом з ним.



Рис. 3.13. Зовнішній вигляд п'ятидискового програвача оптичних дисків, встановлених на поворотній каруселі (платформі) фірми SONY в моделі DVP – NC 615 (Японія)

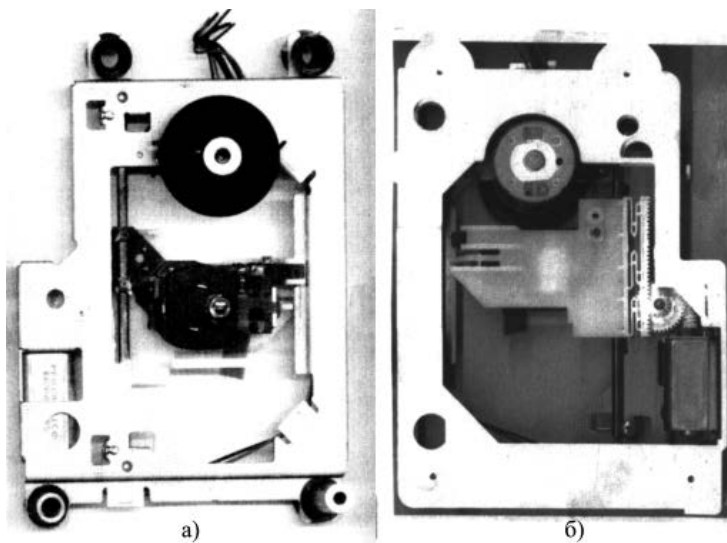


Рис. 3.14. Платформа з приводом оптичного диска
а – вигляд згори; б – вигляд знизу

3.2. Магнітооптична реєстрація

Магнітооптичну (МО) технологію розроблено фірмою IBM на початку 70-х років. Перші дослідні зразки магнітооптичних (МО) накопичувачів надала на початку 80-х років фірма Sony. На ринку комп'ютерної техніки магнітооптичні накопичувачі спочатку не мали попиту унаслідок високої ціни і складності, проте за розвитком технології та зниження цін ставлення до них змінилося. На рис. 3.15 показано зовнішній вигляд магнітооптичного накопичувача і диска.



Рис. 3.15. Зовнішній МО накопичувач і магнітооптичний диск

Технологія запису даних на магнітооптичні диски

Теперішнім часом використовують магнітооптичні диски двох основних розмірів – 3,5” і 5,25”. В принципі, конструкція МО-дисків всіх розмірів однакова. Основна відмінність полягає у кількості робочих поверхонь. Структуру одностороннього МО диска в розрізі (рис. 3.16) можна представити як сукупність шарів (згори донизу):

- захисного,
- діелектричного,
- магнітооптичного,
- діелектричного,
- відбивного,
- підкладкового.

На склопластикову підкладку наносять алюмінієве (або золоте) покриття, призначене для віддзеркалення лазерного променя. Діелектричні шари (прокладки), що оточують магнітооптичний шар, виконано з прозорого полімеру і захищають диск від перегріву, підвищують чутливість запису та здатність відбиття у разі зчитування інформації.

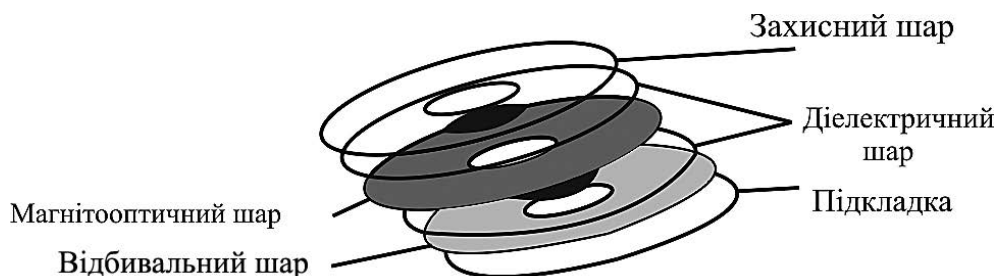


Рис. 3.16. Структура магнітооптичного диска

Магнітооптичний шар утворено на основі порошку із сплаву кобальту, заліза і тербію. Верхній захисний шар з прозорого полімеру оберігає робочу поверхню від механічних пошкоджень (шар виконано методом ультрафіолетового затвердіння). Магнітооптичні диски є одно- і двосторонні, двосторонні складають з двох односторонніх, склеєних між собою підкладками.

Оптичні носії мають підвищену надійність і не зазнають дії несприятливих умов навколишнього середовища. МО- диск поміщений у спеціальний пластиковий конверт – картридж.

На відміну від традиційних CD, у МО-дисках застосовують магнітний записувальний шар, матеріал якого (магнетик) характеризують великим значенням коерцитивної сили, що фіксує стан магнітної орієнтації доменів. З назви магнітооптичних накопичувачів випливає уявлення щодо фізичних принципів роботи цих пристроїв. Типову структуру магнітооптичного диска наведено на рис. 3.17. Основу його, як і у компакт-диска, складає полікарбонат. Реєструвальний шар – це з'єднання тербію (Tb), заліза (Fe) і кобальту (Co). Для захисту від корозії реєструвальний шар з обох боків оточений шарами нітриду кремнію SiN. Відбивальний шар виконують з алюмінію (Al).

Полікарбонат	1,2 мм
SiN	60 нм
TbFeCo	20 нм
SiN	20 нм
Al	60 нм

Рис. 3.17. Структура магнітооптичного диска

Найчастіше як основний магнітний матеріал застосовують кобальт, оскільки його атоми мають здатність орієнтуватися так, що їх магнітні осі розташовано перпендикулярно до поверхні носія; й він відносно недорогий.

Ще кращі характеристики мають диски з реєструвальним шаром з кобальту і платини. У них намагніченість перпендикулярна поверхні шару. Шар, що містить тільки кобальт, такої точної перпендикулярності не має. А це дуже важливо щодо мінімізації шумів носія. Також важливим є значення кута повороту площини поляризації (кут Керра). З його зростанням зростає різниця в рівнях сигналів, отриманих від зон з протилежною намагніченістю (глибина модуляції) та менше відносний рівень шумів носія.

У разі кобальт-платинових структур найкращі характеристики отримують, якщо як найтонші шари кобальту (завтовшки в декілька атомів) розташовано між такими тонкими шарами платини – доки не буде отримано необхідну товщину реєструвального шару. Це пояснюється тим, що здатність атомів орієнтуватися у магнітному полі зростає біля поверхні. Якщо більше поверхонь, тим краще орієнтованість у всій товщині шару. Окрім того, кобальт-платинові структури характеризують великий кут повороту Керра на коротких хвилях, що можна вважати перспективним, оскільки довжина хвилі випромінювання напівпровідникових лазерів має тенденцію до зменшення.

У процесі запису даних на МО диск (рис. 3.18) лазерний промінь фокусується на поверхні магнітного шару в пляму мікронного розміру. Поверхня магнетика в точці фокусування розігрівається, і його температура досягає точки Кюрі (близько 200°C), коерцитивна сила падає до нуля, і поле записувальної магнітної головки формує запис. Після охолодження матеріалу нова магнітна орієнтація доменів в даній точці зберігається. Залежно від магнітної орієнтації ділянки магнітного матеріалу він визначає логічний нуль або логічну одиницю. Дані записують блоками по 512 байт. Для зміни частини цієї інформації необхідно перезаписувати весь блок, тому що під час першого проходження ініціалізується (розігрівається) весь блок, а за підходу сектора під магнітну головку відбувається запис нових даних. Такий процес називають *записом у два проходи*. Отже, операція запису в МО накопичувачі триває вдвічі довше за операцію зчитування.

Зчитування даних з диска відбувається за допомогою поляризованого лазерного променя зниженої потужності, якої недостатньо для розігрівання робочого шару (потужність випромінювання лазера близько 25% від номінальної). Попаданні променя на впорядковані магнітні частинки диска (орієнтовані у процесі запису даних) їх магнітне поле дещо змінює поляризацію освітлення (ефект Керра). Незважаючи на те що площина поляризації повертається всього на декілька градусів, це легко визначається, так само як зміна магнітного поля у разі зчитування даних з жорстких дисків.

На відміну від компакт-диска, дані на магнітооптичний диск теоретично можна записувати нескінченну кількість разів, оскільки ніяких незворотних процесів в матеріалі носія не відбувається. Якщо потрібно видалити попередні дані, досить нагрівати лазерним променем відповідні доріжки (сектори) і розмагнічувати їх зовнішнім магнітним полем. Багато фірм-виробників гарантують мільйон циклів перезапису інформації на МО диск.

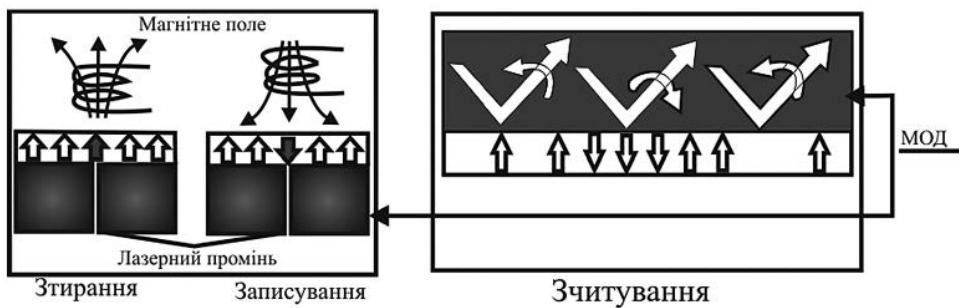


Рис. 3.18. Запис даних на МО диск

Внаслідок дуже вузьких доріжок запису, щільність розміщення даних на МО-диску складає: для дисків 3,5" – 230 – 640 Мбайт (рис. 3.19) для дисків 5,25" – до 4,6 Гбайт.

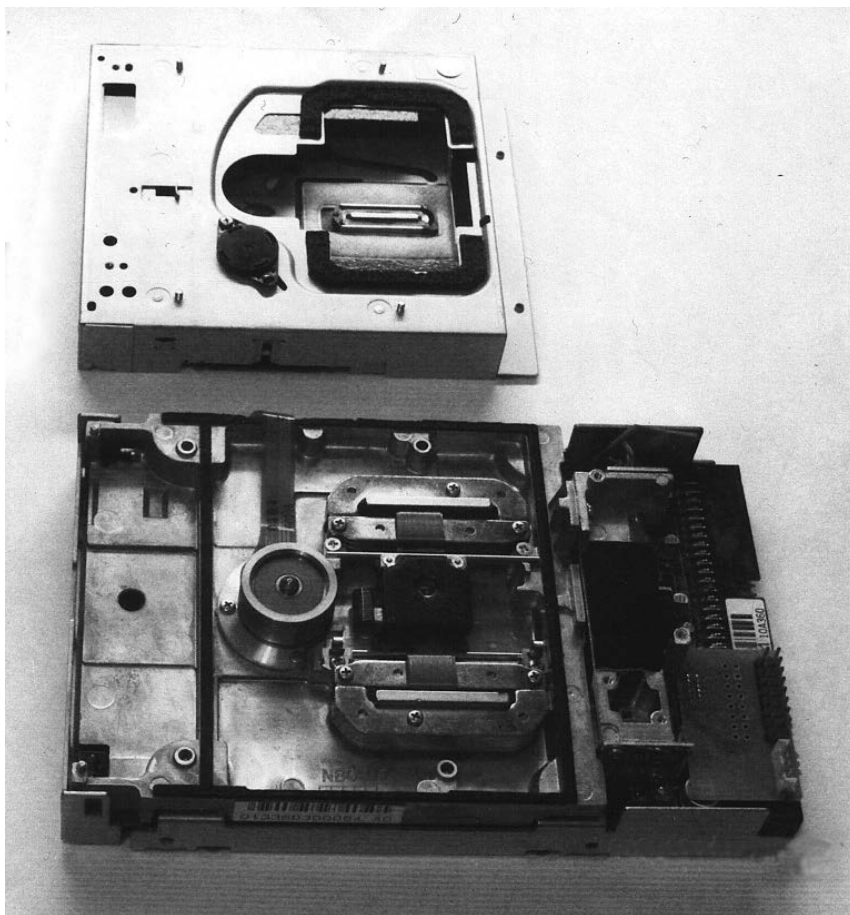


Рис. 3.19. МО дисководи 3,5" та 5,25"

Швидкодія МО накопичувачів нижче, у порівнянні з накопичувачами із змінними магнітними носіями, хоча швидкодія нових моделей, розроблених з урахуванням останніх досягнень магнітооптичної технології, неухильно зростає. Одна з причин порівняно низької швидкодії МО-накопичувачів полягає в тому, що швидкість обертання диска досягає лише 2000 об/хв. Крім того, в МО-накопичувачах використовують досить масивну головку читання/запису (у одному пристрої суміщені оптичний і магнітний вузли). Середній час доступу до даних в МО-накопичувачах близько 30 мс, а гарантійний термін роботи (середнє напрацювання на відмову) – 75 000 год.

Технологія магнітооптичного запису безперервно удосконалюється, і вже з'явилися накопичувачі, в яких запис на носій здійснюється за один прохід. Декілька фірм випускають МО-накопичувачі з частотою обертання диска 3600 об/хв, але вартість таких пристроїв досить висока. Лідерами ринку МО-накопичувачів є компанії Sony, Fujitsu і HP, у другому ешелоні – компанії Pinnacle Micro, MaxOptix Basf, Olympus і Verbatim (дочірня фірма концерну Mitsubishi). Основні характеристики деяких МО-накопичувачів наведено в табл.3.4. Вартість їх є в межах від 220 USD до 700 USD для пристроїв з формфактором 3,5" і від 600 USD до 1500 USD для пристроїв з формфактором 5,25".

Магнітооптичні диски і накопичувачі більшості фірм-виробників відповідають вимогам ISO (Міжнародної організації зі стандартизації). Накопичувачі обох формфакторів випускають як вбудовані пристрої (рис. 3.20), так і зовнішнього автономного виконання, з інтерфейсами IDE і SCSI.



Рис. 3.20. Внутрішній магнітооптичний накопичувач

Таблиця 3.4 – Характеристики деяких магнітооптичних накопичувачів

Фірма-виробник	Модель	Формфактор, дюйм	Ємність, Мбайт	Виконання, тип інтерфейсу	Об'єм кеш-пам'яті, Кбайт
Fujitsu	M2512A	3.5	230	Вбуд., SCSI	512
Fujitsu	M2513A	3.5	640	Вбуд., IDE	512
Fujitsu	M2513A6	3.5	640	Вбуд., IDE	6000
Fujitsu	DYNAMO	3.5	640	Зовнішн., IDE	512
Olympus	MOS-330A	3.5	230	Вбуд., SCSI	512
Verbatim	OptiDriver	3.5	230	Вбуд., IDE	512
Pinnacle Micro	Tahoe	3.5	640	Зовнішн., SCSI	1000
Pinnacle Micro	Sierra	5.25	1300	Вбуд., IDE	1000
Pinnacle Micro	Vertex	5.25	1300	Вбуд./зовнішн., SCSI	1000
MaxOptix	T4-2600	5.25	2600	Вбуд./зовнішн., SCSI	1000
Sony	F541	5.25	2600	Вбуд./зовнішн., SCSI	1000
Sony	F544	5.25	2600	Вбуд./зовнішн., SCSI	4000
Pinnacle Micro	Apex 1024SB	5.25	2600	Вбуд./зовнішн., SCSI	1000
Pinnacle Micro	Apex 4600	5.25	4600	Вбуд./зовнішн., SCSI	1000

Конструктивне виконання рушійного механізму магнітооптичних дисків

Конструктивно блок рушійного механізму магнітооптичних дисків – (двигун механізму дисків МО – ДМД МО) (рис. 3.21) містить П-подібне листове штамповане шасі, усередині якого встановлено на відбортовках модуль механізму з розмірами 157х102х42 мм.

Модуль має на фронтальній частині панель, в яку завантажують дискету магнітооптичного диска (рис. 3.22), а на задній частині встановлено торцеві роз'єми для електричного підключення апарата в комп'ютер.

3.3. Оптико-фотоелектронна реєстрація інформації

Кінематичну схему рушійного механізму наведено на рис. 3.23. Оптико-фотоелектронна реєстрація зображень і звуку широко застосовують в **сканерах, цифрових фотоапаратах, відеокамерах і плотерах**. Апаратура, що використовує цей вид реєстрації, містить оптичний пристрій (об'єктив), перетворювач світлового прямого або відбитого потоку в електричний аналоговий сигнал, перетворювач аналогового сигналу в цифровий (АЦП), електронну напівпровідникову пам'ять, систему дзеркал, призм, допоміжних об'єктивів, рушійний механізм і носійний корпус, об'єднанні в закінчене цілісне із раціональним розміщенням всіх елементів один відносно одного.

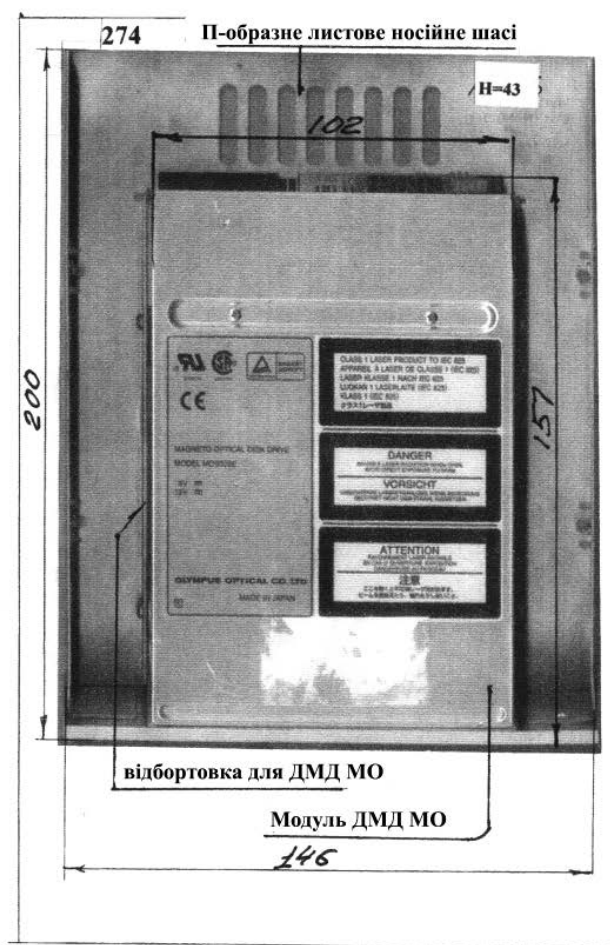
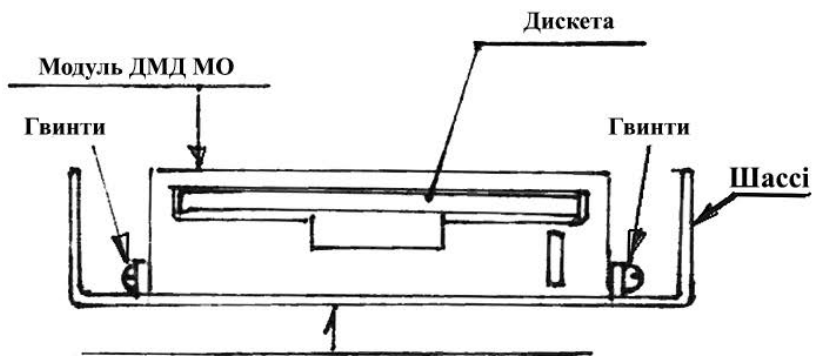


Рис. 3.21. Конструктивне виконання рушійного механізму МО-дисків:
а – розріз; б – вид згори



Рис. 3.22. Зовнішній вид магнітооптичної дискети

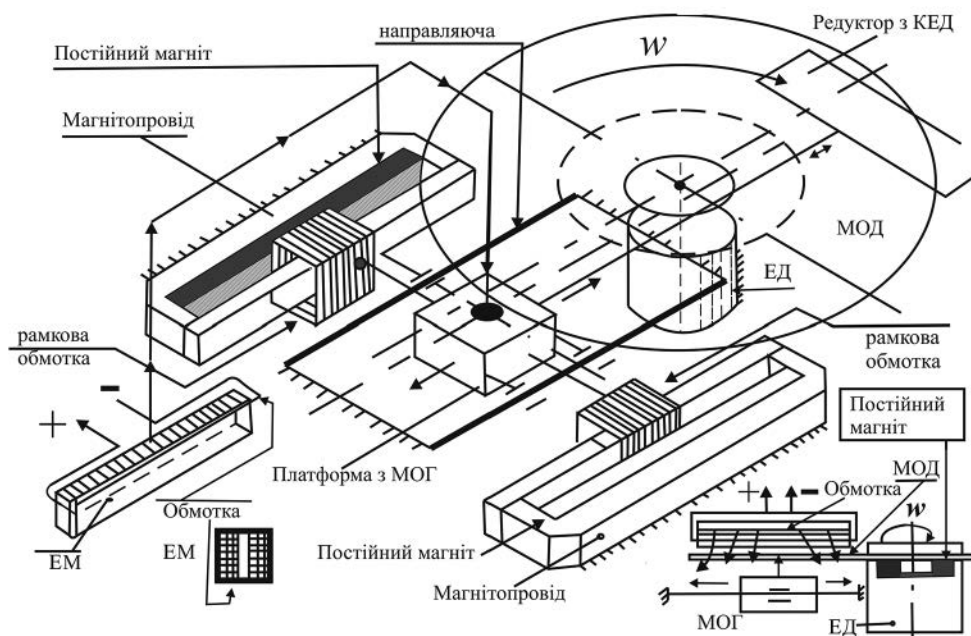


Рис. 3.23. Кінематична схема рушійного механізму магнітооптичних дисків

Об'єктив є одним з важливих і первинних елементів у всіх системах реєстрації інформації, він виконує функції формування зменшеного фокусованого зображення на поверхні світлочутливого електронно-оптичного перетворювача. Об'єктив може містити, як і у вище розглянутих кіно-фотоапаратах, діафрагму, пристрій переміщення лінз (варіооб'єктиви) тощо.

Електронно-оптичний перетворювач (ЕОП), або іноді іменований як **матриця**, перетворює фокусоване зображення в електричний аналоговий сигнал. Цим елементом може бути електронно-променева трубка (відеокамери, прилади нічного бачення) або напівпровідникові прилади зарядового зв'язку.

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) призначено для перетворення аналогового електричного сигналу зображення в цифровий.

Останнім елементом реєстратора є **флеш-пам'ять**, що виконує функції твердотілого напівпровідникового сховища від знятих зображень порівняно невеликого об'єму.

Наведемо детальний опис одного з головних ЕОП у вигляді напівпровідникового приладу зарядового зв'язку, а потім різні види реєстраторів і принципи їх дії.

Твердотільні перетворювачі світлосигналу

Твердотільні перетворювачі світлосигналу відносять до класу напівпровідникових фоточутливих ПЗЗ. Більшість реєстраторів (фотоапаратів, сканерів тощо) базовано на ПЗЗ двох типів: на приладах **CCD** (Charge Coupled Device) і приладах **CIS** (Contact Image Sensor). Наведемо їх переваги і недоліки (табл. 3.5).

Система CCD має істотну перевагу над системою CIS, а саме висока роздільна здатність (до 9600/4800 точок на дюйм), велика глибина різкості (+35 мм), яка на порядок вище, ніж в системі CIS тощо.

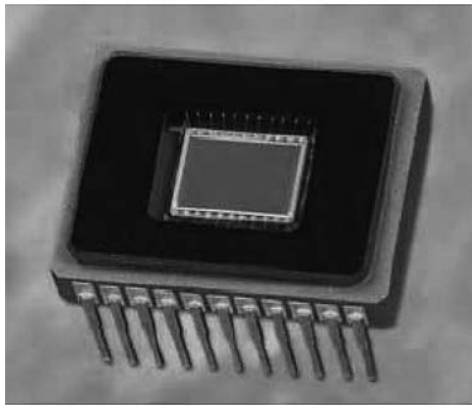
До недоліків можна віднести велику вартість апаратури, проте за якість треба платити.

Таблиця 3.5 Переваги та недоліки CCD- і CIS-сканерів

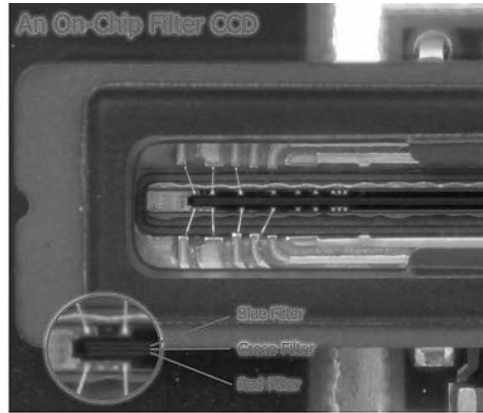
	Переваги	Недоліки
CCD	Висока роздільна здатність (недорогі CCD-сканери мають на сьогоднішній день розрізнення до 2400 крапок на дюйм). Довгий термін служби. Висока якість сканування. Велика глибина різкості. Робота із слайд-адаптерами і автоподавачами документів.	Порівняно висока вартість (відносно CIS-сканерів). Тривале прогрівання лампи перед скануванням. Необхідність у додатковому джерелі живлення.
CIS	Невеликі габарити. Швидкий старт. Невисока вартість. Низьке енергоспоживання (можливість живлення з USB). Автономність	Обмежене розрізнення (до 1200 точок на дюйм). Невелика глибина різкості. Чутливість до бічного засвічення. Низька якість сканування.

Більшість високоякісної апаратури оптико-фотоелектронної реєстрації застосовують систему ПЗЗ типу CCD. Зовнішній вигляд ПЗЗ наведено на рис. 3.24.

У сучасних фотокамерах і відеокамерах застосовують ПЗЗ із співвідношенням сторін 3:4, а в сканерах це співвідношення складає 1:6.



а



б

Рис. 3.24. Зовнішній вигляд матриці ПЗЗ:
а – для фотоапарата; б – для сканерів

Сканери

Сканер – пристрій, що перетворює нанесене на папір зображення, текст, таблиці, малюнок, креслення тощо) або – це невеликі механізми техніки реєстрації інформації (дискові, стрічкові тощо), що розміщують на прозорому склі формату А4 (297х210 мм) або формату А3 (297х 420 мм), в цифровий код шляхом послідовного запису (сканування) всіх крапок поля зображення і вимірювання характеристик яскравості і кольору в кожній крапці. Застосовують сканери для безпосереднього введення образотворчої інформації в комп'ютери, ЕОМ або для передачі лініями факсимільного або безпроводового зв'язку.

Сканування (англ. *scan* – поле зору, розгортка, розкладання зображення – кероване просторове переміщення за певним законом світлового або електронного променя, для якого послідовно «є» видимою задана зона простору або поверхня спостережуваного (сканованого) об'єкту (Новий політехнічний словник, 2000 р.).

За довгу історію розвитку у сканера з'явився помічник – компактний пристрій, здатний у реальному масштабі розпізнати і зберегти зчитувану сканером інформацію, – персональний комп'ютер. Останній є «мозком» і «пристроєм, що запам'ятовує», а сканер – «очима» комп'ютерної системи. Також як і принтер, сканер є популярним і недорогим інструментом введення зображень для мільйонів користувачів. Основною характеристикою сканерів є їх роздільна здатність, що виражають в dpi (*dot per inch* – крапках на дюйм), або пікселях на дюйм. У специфікаціях (паспортах) до сканерів зустрічаються позначення, типу «9600 х 4800», де перша цифра позначає оптичне розрізнення сканера, а друга – його механічне розрізнення. Наведені цифри відносять сканер до суперякісних професійних приладів, 3200 х 2400 до високоякісних офісних моделей, а 1600 х 1200 dpi – до побутових приладів.

Існує безліч завдань, вирішення яких без пристроїв введення зображень неможливе. Практично в будь-якій сфері діяльності людини необхідний сканер, програмістові оцифровані зображення потрібні для оформлення створеної програми додатків, користувачам Internet – для обміну малюнками і фотографіями, науковим співробітникам і авторам цього підручника - для введення різних текстових і графічних матеріалів з інших книг і журналів, або макетів механізмів у «металі» без фотопроцесів, причому в кольоровому зображенні. Наявність сканера в комп'ютерній системі дозволяє вводити в комп'ютер зображення об'єктів у вигляді малюнків, креслень, фотографій, слайдів, також невеликих об'ємних предметів у оцифрованій формі сигналів. Фактично сканером є пристрій, основним елементом якого є датчик або система датчиків, призначених для фіксації кількості відбитого або заломленого світла в кожній області оригіналу зображення.

Більшість традиційних сканерів здатна фіксувати тільки пласкі зображення і в цьому сенсі вони більш схожі на фотокопіювальні апарати. За допомогою таких пристроїв проводять сканування оригіналу: у одному випадку для відтворення його на папері, а в іншому – для його оцифровування. У всіх сканерах є джерело світла, механізм переміщення датчика (або оптичної системи) уздовж оригіналу (або переміщення оригіналу уздовж датчика), а також електронний пристрій, призначений для перетворення прочитаної інформації в цифрову форму.

У класифікації традиційних сканерів враховують конструктивні особливості пристроїв і, відповідно, деякі відмінності в процесах сканування. На відміну від традиційних засобів сканування зображень, у відеосистемах і цифрових фотокамерах для охоплення зображень тривимірних об'єктів, як правило, застосовують матрицю датчиків.

Враховуючи різноманіття технологій сканування, доцільно докладніше розглянути основні ознаки кожної з них. Не дивлячись на велику кількість моделей пристроїв введення зображень, їх можна класифікувати за такими ознаками:

- спосіб формування зображення (лінійний, матричний);
- конструкція кінематичного механізму (ручний, настільний, комбінований);
- тип зображення, що вводиться (чорно-білий, півтоновий, кольоровий)
- ступінь прозорості оригіналу (що відбиває, прозорий);
- апаратний інтерфейс (спеціалізований, стандартний);
- програмний інтерфейс (спеціалізований, TWAIN-сумісний).

Спосіб формування зображення

У процесі сканування оригінал освітлюють джерелом світла. Світлі області оригіналу відбивають більше світла, ніж темні. Відбите (або заломлене) світло за допомогою спеціальної оптичної системи прямує на датчик у вигляді

лінійки або матриці світлочутливих елементів, які перетворюють інтенсивність світла, що приймається, у відповідне значення напруги. Аналоговий сигнал перетворюють у цифровий, і в цьому форматі інформація щодо зображення може бути введена в комп'ютер (рис. 3.25).

CCD-сканер характеризують більшою глибиною різкості, ніж його CIS-аналог. Досягають цього внаслідок застосування в конструкції об'єктиву і системи дзеркал (рис.3.26).

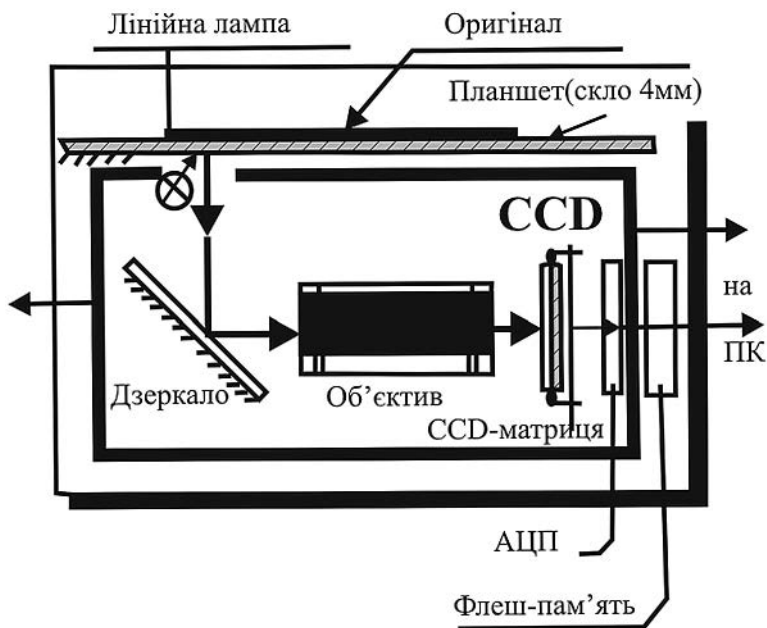


Рис. 3.25. Проста оптична схема сканера з ПЗЗ системи CCD

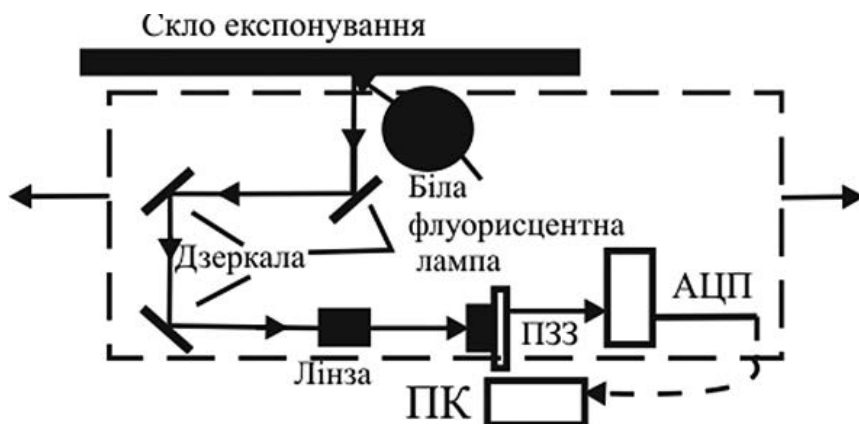


Рис. 3.26. Розташування елементів в сканері технології CCD за складною схемою

На рис. 3.27 наведено розріз планшетного сканера, а на рис. 3.38 особливості конструкції.

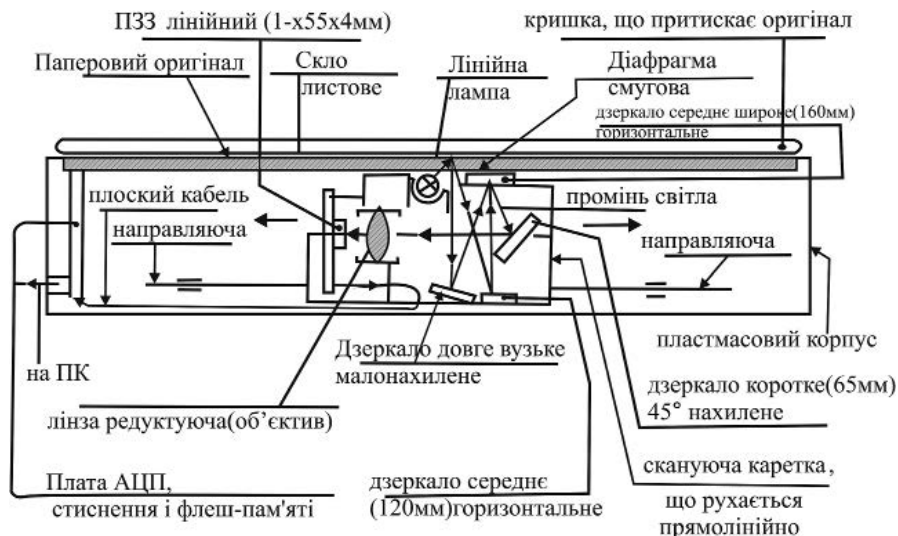


Рис. 3.27. Розріз планшетного сканера RAIMAX

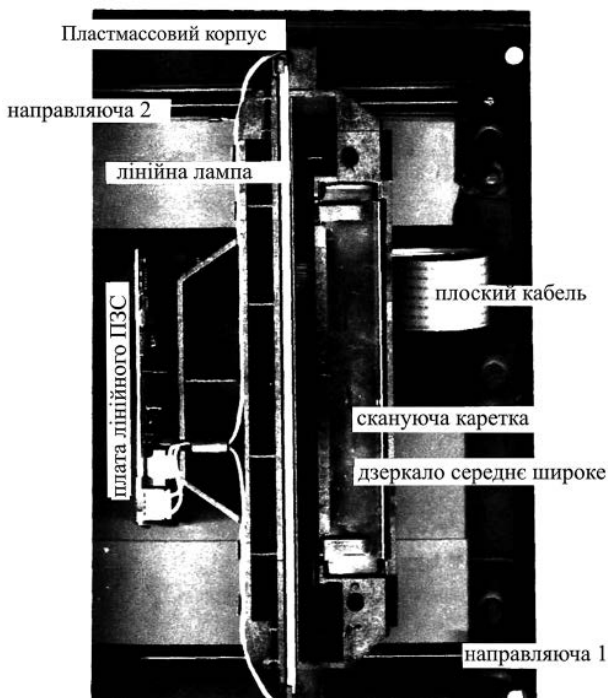


Рис. 3.28. Конструкція планшетного сканера (вигляд згори із знятою кришкою і склом, права частина)

Особливості сканерів типу CIS

Сканери з CCD-матрицею поширені значно більше, чим CIS-пристрої. Пояснити це можна тим, що сканери в більшості випадків застосовні не тільки для оцифровування листових текстових документів, але і для сканування фотографій і кольорових зображень. У цьому плані, користувач прагне отримати копію з найбільш точним і достовірним перенесенням кольорів, а в аспекті світлочутливості CCD-сканер набагато краще передає кольорні відтінки світла і півтону, ніж CIS-сканер. Зауважимо, що похибка розкиду рівнів кольорних відтінків, що розрізняються стандартними сканерами, складає приблизно $\pm 20\%$, тоді як у CIS-апаратів ця похибка складає вже $\pm 40\%$.

За конструкцією і функціональними можливостями сканери розподіляють на **ручні, настільні, барабанні, проєкційні, слайдові і комбіновані (багатофункціональні)**.

Різновид настільного сканеру – планшетного, було вже описано, останні стисло визначені нижче.

Ручні сканери

Ручний сканер (рис. 3.29) може бути використаний для сканування малоформатних оригіналів або фрагментів великого зображення. Низька ціна ручних сканерів обумовлена простотою їх конструкції. Необхідність застосування мускульної сили людини, а також обмежене поле захоплення зображення – основні особливості цих пристроїв. У невеликому корпусі шириною, зазвичай, трохи більше 10 см розміщують лише датчик, лінзу і джерело світла. Ширина області сканування залежно від моделі пристрою є від 60 до 280 мм. Слід пам'ятати, що для сканування довгих фрагментів зображення з максимальним розрізненням стає критичним об'єм доступної оперативної пам'яті комп'ютера. Встановлювана в комп'ютері карта інтерфейсу перетворює інформацію, що поступає, в цифрову форму і передає її для подальшої обробки спеціальній програмі. Принципи роботи ручного і роликowego (рис. 3.30) сканерів багато в чому подібні.

CIS-матрицю складено зі світлодіодної лінійки, яка освітлює поверхню сканованого оригіналу, мікролінз і безпосередньо самих сенсорів, що самостійно фокусуються (рис. 3.31). Конструкція матриці дуже компактна, таким чином, сканер, в якому використовують контактний сенсор, завжди буде набагато тонший за свого CCD-аналога. До того ж, такі апарати характеризують низьке енергоспоживання; вони практично нечутливі до механічних впливів. Проте CIS-сканери дещо обмежені в застосуванні: апарати, як правило, не пристосовані до роботи із слайд-модулями і автоподавачами документів.

Внаслідок особливостей технології CIS-матриця має порівняно невелику глибину різкості. Для порівняння, у CCD-сканерів глибина різкості складає ± 30 мм, у CIS – ± 3 мм.

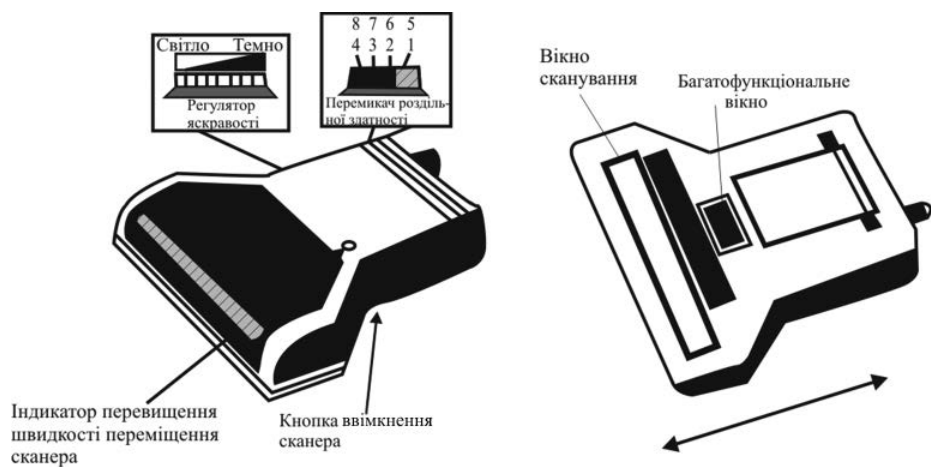


Рис. 3.29. Будова ручного сканера



Рис. 3.30. Механізм роботи роликового сканера

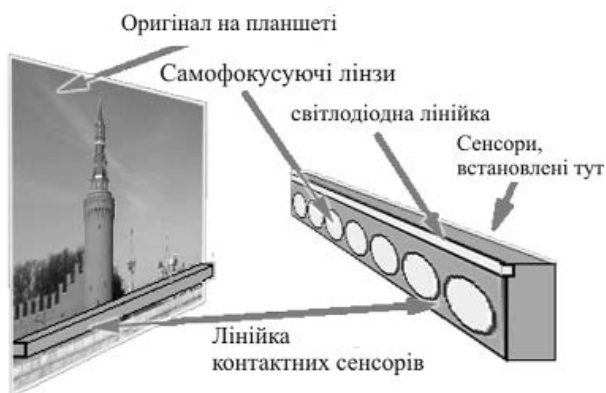


Рис. 3.31. Конструктивні особливості CIS-сенсора

Барабанні сканери

Барабанні сканери коштують набагато більше, але з їх допомогою можна отримувати зображення з високим ступенем деталізації, які, у свою чергу, можуть бути використані для подальшого ретушування, кольороподіл і, нарешті, формування кінцевого варіанту представлення сторінки видання або плівки для виготовлення друкарської пластини.

У барабанних сканерах оригінал за допомогою спеціальної стрічки або масла закріплюють на поверхні прозорого циліндра з органічного скла (барабана), укріпленого на масивній підставці, яка забезпечує його стійкість. Барабан обертається з великою швидкістю (від 300 до 1350 об/хв.), а сканувальний приймач, що знаходиться поряд з ним, через невелику конусоподібну апертуру піксель за пікселем прочитує зображення з високою точністю. У більшості сканерів, вживаних у поліграфії, як приймач використовують ФЕП, який переміщують на прецизійній гвинтовій парі уздовж барабана і який попівксельно сканує оригінал (за наявності декількох ФЕП сканують відповідну кількість пікселів). Для освітлення оригіналу використовують розміщене в модулі датчика потужне ксенонове або галогенне джерело світла, до стабільності випромінювання якого ставлять дуже високі вимоги. У разі сканування прозорих оригіналів застосовують джерело світла, розташоване усередині барабана, а для сканування оригіналів, що відбивають, – поза ним, поряд з приймачем випромінювання (рис. 3.32).

Проекційні сканери

Проекційні сканери нагадують фотозбільшувач і працюють майже так само, як фотографічна камера. Оригінал розташовують на підставці під сканувальною головкою зображенням вгору. Сканувальну головку (камеру) закріплюють на вертикальному штативі на висоті близько 30 см. Залежно від конструктивних особливостей сканера камеру можна переміщувати стійкою або вертикальною направляючою. Перед початком сканування камеру слід встановити в положення, відповідне необхідному розрізненню і розміру зображення. Точне налаштування розрізнення (фокусування) здійснюють редагувальною лінзою. Внутрішнє джерело світла при цьому, зазвичай, не потрібне – природне кімнатне освітлення є достатнім. Втім, іноді джерела світла (не більше двох) приєднують безпосередньо до камери. Усередині камери невеликий двигун переміщає ПЗЗ-датчик у фокальній площині лінзи. Процедура сканування займає якийсь час, тому слід враховувати можливу небажану дію вібрації і зовнішніх джерел світла. Механізм роботи проекційного сканера показано на рис. 3.33.

Слайдові сканери

Спеціалізовані *сканери для обробки слайдів і плівок/діапозитивів* характеризують високим оптичним розрізненням і здатністю збільшувати невеликі оригінали до розмірів, наприклад, сторінки журналу або плаката. Якщо не задовольняють можливості планшетного сканера з адаптером для діапозитивів, то існує

багато спеціалізованих слайдових сканерів (слайд-сканерів – рис. 3.34), лідерами у виробництві яких можна назвати фірми Polaroid, Nikon і Scitex.

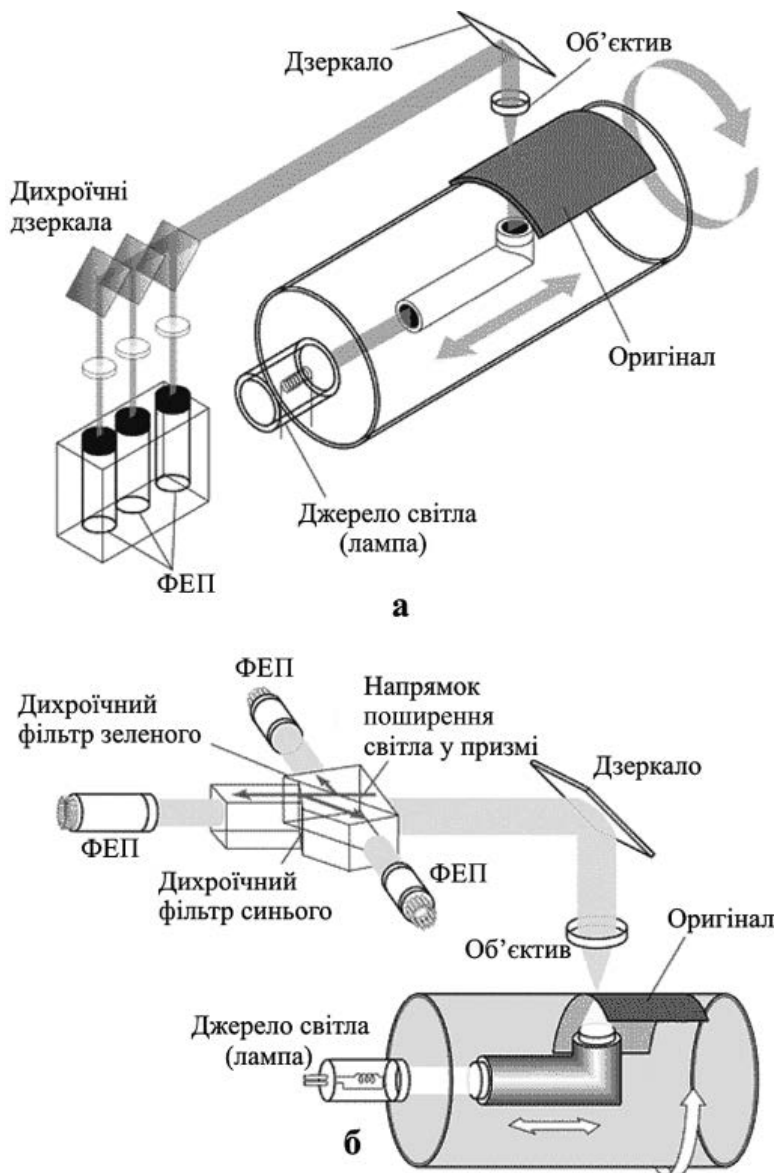


Рис. 3.32. Механізм роботи барабанного сканера:
а – з дихроїчними дзеркалами; б – із кольоророздільною призмою

Клас слайдових сканерів визначають максимальним розміром оригіналу, з яким він може працювати. Якщо сканери середнього класу призначено для обробки 35-мм негативних і позитивних плівок, то сканування прозорих оригіналів великих форматів (6х7 см) під силу лише пристроям високого класу.

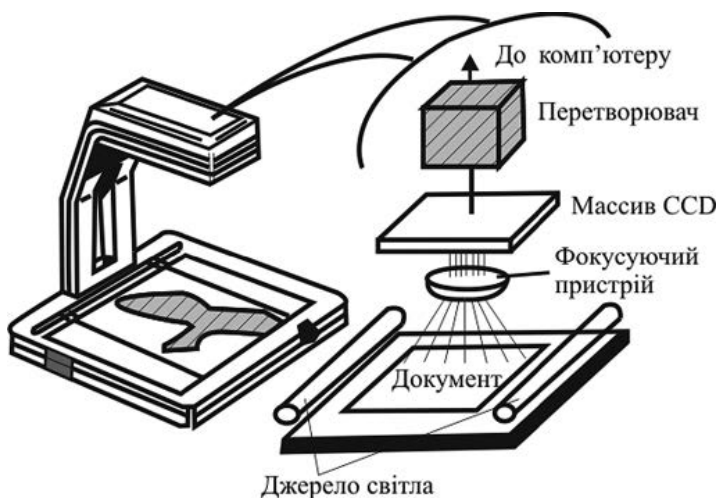


Рис. 3.33. Проекційний сканер



Рис. 3.34. Слайд сканер Agfa Arcus

Цифрові фотоапарати (камери)

Будь-який фотоапарат, у тому числі і цифровий, можна умовно розділити на три частини. Перша з них – оптична система, складена з об'єктиву (іноді з насадками) і затвора. Друга частина – це реєстратор зображення ПЗЗ. Третя частина призначена для зберігання знятих кадрів. У звичайному фотоапараті функції другої і третьої частин виконує плівка, в цифровому – для цього використовують два різних пристрої.

Для реєстрації зображення використовують електронно-оптичний перетворювач, а для зберігання – флеш-пам'ять. Флеш-пам'ять – незалежна пам'ять, що зберігає інформацію після вимкнення живлення. Характеризують форм-фактором, ємністю (у гігабайтах), швидкістю доступу і напругою живлення (як правило, 3,3 В або 5 В).

Як і усі оптикофотоелектронні пристрої реєстрації інформації цифрові фотоапарати містять АЦП.

Примітка

Піксель – точка зображення, що має дві характеристики – колір і яскравість.

Мегапіксель – мільйон крапок, які використовують як характеристику роздільної здатності ЕОП. Добуток кількості крапок за вертикаллю і горизонталлю, поділене на мільйон, дає величину розрізнення в мегапікселях. Наприклад, розрізнення двомегапіксельної матриці – 1600х1200.

Як завжди, світло потрапляє в камеру через об'єktiv. За об'єktivом встановлено затвор, що визначає тривалість дії світла на фото-матрицю. У цифрових фотоапаратах можуть бути встановлені затвори двох типів:

електронний затвор – в цьому випадку фото-матрицю підключають за допомогою електронного реле часу і вона відпрацьовує необхідну витримку;

електромеханічний затвор – цей затвор за конструкцією аналогічний затворам плівкових фотоапаратів, але управляє їм електронний пристрій.

За затвором розміщена фото-матриця, що перетворює зображення об'єкту зйомки в електричні сигнали. Сигнали з фото-матриці поступають в достатньо потужний процесор, що управляє (рис. 3.35).

Функції процесора:

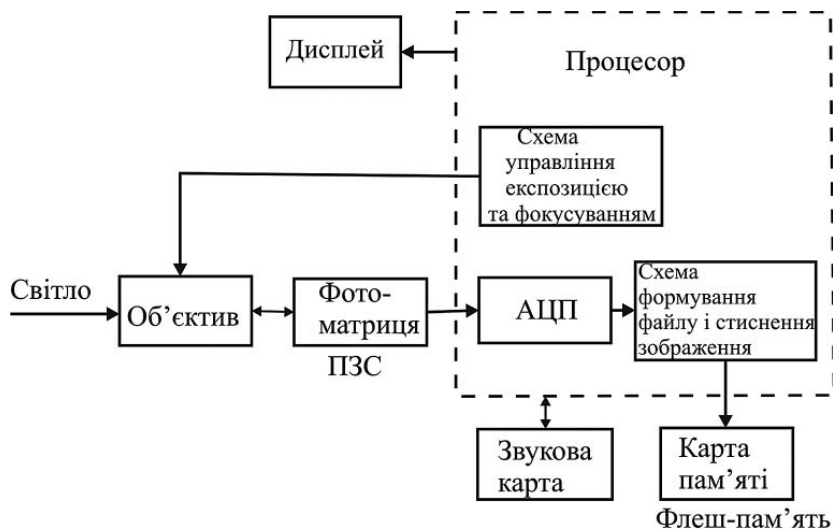


Рис. 3.35. Блок-схема цифрового фотоапарата

- управління експозиційним фокусуванням об'єктиву;
- перетворення сигналів, що поступають з фото-матриці, за допомогою аналого-цифрового перетворювача;
- формування файлу і стиснення зображення;
- передача відзнятого зображення на знімний накопичувач інформації (карту пам'яті).

Процесор повинен мати операційну систему з потужним графічним інтерфейсом і меню, а також з можливістю автоматичної зйомки за заздалегідь запрограмованими сценаріями. Крім того, необхідний зовнішній інтерфейс зі швидкими USB – або SCSI-шинами або через послідовний і паралельний порт.

У плівкових фотоапаратах плівку використовують для фіксації і зберігання зображення. У цифрових апаратах ці функції виконують різні пристрої. За допомогою фото-матриці зображення фіксують, а зберігається воно на карті пам'яті. Це зображення можна потім перенести в комп'ютер і зберігати на його жорсткому диску.

Цифрові апарати можуть мати телевізійний вихід в стандарті PAL або NTSC для підключення до телевізора. В цьому випадку можна оглядати отримані зображення на великому екрані, якщо у вас немає доступу до комп'ютера. При цьому цифрове зображення можна записувати на відеоплівку і відтворювати на відеомагнітофоні.

У цифрові фотоапарати, зазвичай, встановлюють оптичний видошукач. Якщо він відсутній, то візування проводиться кольоровим рідкокристалічним (РК) дисплеєм, на якому можна оглядати не тільки об'єкти зйомки, у видошукачі, але і вже сфотографовані кадри. В цьому випадку можливість візуального аналізу якості знятого сюжету і (за необхідності) видалення невдалого кадру з пам'яті фотоапарата. Розмір діагоналі таких дисплеїв – близько 5 см. Будову цифрового фотоапарата наведено на рис. 3.36.

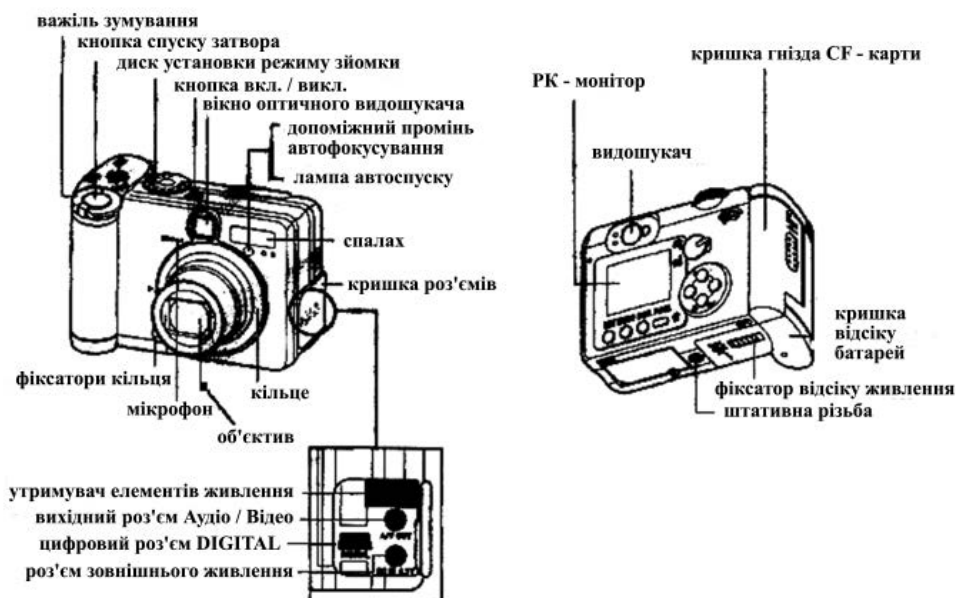


Рис. 3.36. Будова цифрового фотоапарата

Об'єктиви з постійною та змінною фокусною відстанню

Одним з основних складників фотоапарата є об'єктив. Тому необхідно зазначити основні терміни, що стосуються оптичної підсистеми фотоапарата.

Із збільшенням фокусної відстані, зменшується поле зору, – тобто предметів в кадрі потрапляє менше, але їх розмір в кадрі більший, й навпаки, за зменшенні фокусної відстані об'єкти зйомки стають менше, але в кадр їх потрапляє більше.

Примітка

Фокусна відстань – величина, обернено пропорційна полю зору об'єктиву і прямо пропорційна ступеню наближення в кадрі об'єкту зйомки. Зазначають в міліметрах.

Зрозуміло, що це також впливає на перспективі кадру – ступені віддаленості об'єктів один від одного. Полю зору пересічної людини в 35-мм камерах відповідає фокусна відстань 50 мм (46°).

Зазвичай, фокусну відстань для цифрової фотокамери позначають двома цифрами, наприклад, 6-15 мм (28-72 мм). Це спричинено тим, що розмір ЕОП менше кадру звичайної плівки, тому лінійні розміри оптики також менші. Для зручності сприйняття вводять додаткове значення, яке позначає фокусну відстань в еквіваленті 35-мм камери.

Для позначення об'єктивів із змінною фокусною відстанню в англійській літературі застосовується термін *zoom*, часто його застосовують в більшості перекладах словом «зум». Це неправильно, для об'єктивів такого типу давно існує назва *варіооб'єктив*. Під *кратністю об'єктиву* визначають відношення максимальної фокусної відстані до мінімальної, наприклад, $105/35 = 3$, – тобто *кратність об'єктиву дорівнює 3*.

Об'єктиви, фокусна відстань яких не змінюється, в англійській літературі називають *fixed focus*. У вітчизняній літературі такий тип оптики позначають як об'єктив з постійною фокусною відстанню. Постійна фокусна відстань дещо обмежує можливості фотографа, в той же час конструкція таких пристроїв проста. Тому такі об'єктиви найчастіше застосовують у недорогих компактних камерах.

Змінна оптика. Дзеркальні і не дзеркальні камери

До певного моменту варіооб'єктивів з кратністю більше двох були складними у виробництві та примхливими в експлуатації. Тому для портретної, пейзажної і спортивної зйомки використовують різні об'єктиви, кожен з найбільш відповідною фокусною відстанню. Фотограф закріплював їх на камері, використовуючи різьбове, або *байонетне* з'єднання. Проте з появою надійних і недорогих варіооб'єктивів високої кратності (від 3 і вище), а також впровадженням електроніки, що забезпечує правильне визначення параметрів зйомки, широкого поширення набули компактні камери під 35-мм плівку, обладнані незмінними об'єктивами із змінною фокусною відстанню. Проте *змінна оптика* збереглась в,

так званих, *дзеркальних камерах*. Дзеркальною називають камеру, в якій зображення, що потрапляє в об'єктив, через спеціальну оптичну систему проєктується на поверхні екрану фокусування. Це зображення користувач спостерігає у *видошукачі* та візуально контролює кадр і фокус. Для точного визначення дистанції зйомки застосовують різноманітні оптичні пристрої. Одним з них є *мікрорастр*, система мікроскопічних пірамід, нанесених на поверхню екрану фокусування.

Щоб зображення потрапило на видошукач, використовують або дзеркало (рис. 3.37), що приховують у момент зйомки, або напівпрозору призму. (рис. 3.38)

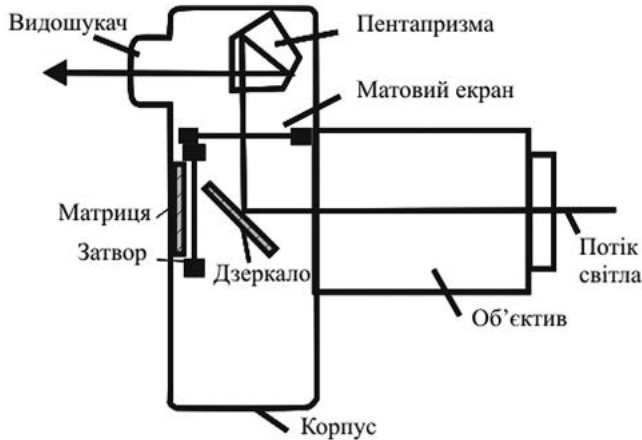


Рис. 3.37. Дзеркальна камера з дзеркалом, що приховується

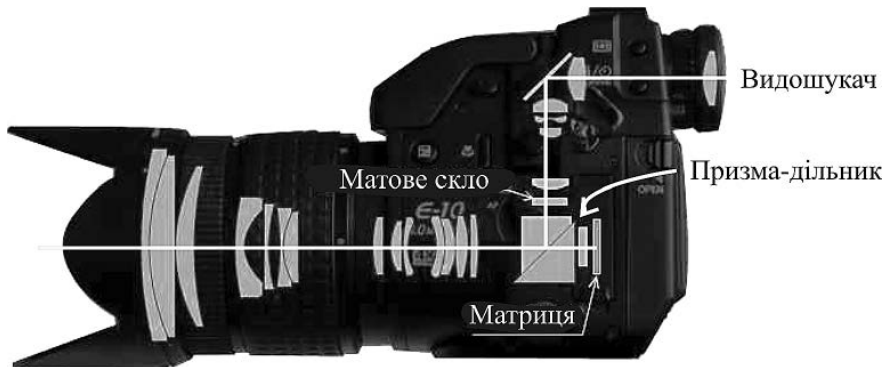


Рис. 3.38. Дзеркальна камера з призмою-дільником

Примітка

Пентапризма (рис. 3.39) – п'ятикутна (від латинського *penta* – п'ять) у перетині призма, що заломлює відбите від дзеркала фотоапарата зображення таким чином, щоб вісь видошукача була паралельна осі об'єктиву.

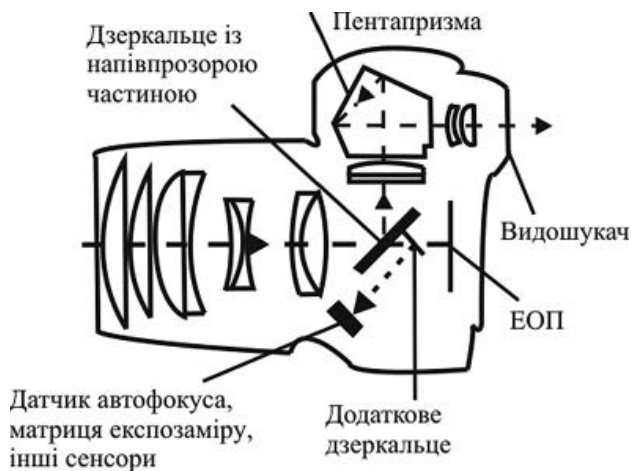


Рис. 3.39. Основні компоненти дзеркальної камери

Вперше цей оптичний пристрій застосовано у фотоапаратах фірми Asahi Optical. Велика популярність камер із вбудованими пентапризмами призвела до перейменування фотографічного устаткування компанії в Pentax. Не зважаючи на відносну простоту схеми з напівпрозорою призмою, що ділить світловий потік на дві частини (напрями: у видошукач і на ЕОП), широкого поширення вона не набула.

Застосування як призми, так і дзеркала мають переваги, і недоліки. «Стрибаюче дзеркальце» повністю виключає втрати світлового потоку, проте має складнішу та більш громіздку конструкцію і може обмежувати швидкість *безперервної* зйомки. Крім того, під час руху дзеркальця камера може бути піддана дії струсу, що призводить до «змазування» кадру. Для компенсації цього струсу камери, де використовують схему з «стрибаючим дзеркальцем», виконують досить важкими. Більшість плівкових дзеркальних фотоапаратів оснащено даною системою. Практично всі вони використовують змінну оптику, що дозволяє кращим чином підібрати об'єктив для різних режимів зйомки.

«Призма» не має будь-яких рухомих частин, тому є надійною і дуже компактною. Проте за розділення світлового потоку він зменшується, та існує небезпека засвічення ЕОП через віконце видошукача. Із звичайних фотоапаратів, що використовують напівпрозору призму, найбільш відома серія IS фірми Olympus. Ці моделі відрізняються малими габаритами і масою, мають високий ступінь автоматизації та оснащені незмінною оптикою.

Недзеркальні моделі використовують оптичний видошукач, не суміщений з об'єктивом. Більшість аматорських компактних камер з плівкою 35-мм виконують не дзеркальними. За характеристиками аматорські цифрові камери є подібними до цього класу техніки. Проблема фокусування в таких моделях вирішується застосуванням *автофокусних* об'єктивів, а в найбільш дешевих – об'єктивів з вільним фокусом. *Відмінною* рисою недзеркальних фотоапаратів

є ефект, якій називають паралаксом – розбіжністю оптичних осей видошукача та об'єктиву. Він утруднює кадрування під час макрозйомки – фотографуванні малих об'єктів зблизька. Для обліку паралакса під час макрозйомки оптичні видошукачі забезпечено спеціальними штрихами. У цифрових камерах проблему паралакса розв'язують застосуванням кольорового дисплея, призначеного для перегляду знятих кадрів.

Цифрові фотоапарати (ЦФА) можна класифікувати як професійні (студійні і репортажні ручні) і побутові (тільки ручні), є ще розподіл на напівпрофесійні. Більшість моделей забезпечують також кольоровим дисплеєм, розташованим на задній панелі, – його використовують для перегляду і видалення знятих кадрів, налаштування камери. Головна ж конструктивна відмінність даної категорії – наявність байонетного *роз'єму для змінної оптики*. Вартість якісного об'єктиву може у декілька разів перевищувати вартість камери. Використання стандартної оптики накладає також обмеження на мінімальний розмір ЕОП, за габаритами він має бути максимально наближений до розмірів кадру 35-мм плівки. Оскільки як ЕОП в основному використовують дорогі великогабаритні ПЗЗ-матриці, загальна ціна камери є високою. Проте останнім часом існує тенденція використовувати як базу фотоапарати середнього класу.

Розподілення на студійні (стаціонарні) і репортажні ручні вище показано для кінознімальної техніки, для якої студійним камерам притаманні великі габаритні розміри і маса (до 70-150 кг). Природно вони забезпечують найвищу якість зйомки. Ручні камери репортажів мають порівняно невеликі розміри і масу (до 2-4 кг), й забезпечують дуже високу якість зйомки.

Професійні студійні фотокамери

Фірми, що виробляють цю техніку, наприклад – Leaf, Phase One, Dicomed, не є загальновідомими. Студійні камери призначено для стаціонарної зйомки в спеціально відведеному для цього приміщенні – фотостудії. Зазвичай, це дзеркальні камери (рис. 3.40), хоча застосовують і просвітні.

Примітка.

Експонування – процес освітлення ЕОП, за якого створено «електронний образ» кадру.

Для студійних камер не існує обмежень ні на час експонування, ні (теоретично) на габарити пристрою. Ці прилади, в основному, є приставкою до середньоформатної або великоформатної камери, встановлюваної замість задньої стінки апарату. Конструктивно ці пристрої можна розподілити на два основні типи – сканувальні і повнокадрові. У приставках першого типу зображення формує лінійка ПЗЗ-елементів, якій переміщуються, – практично так само, як і в планшетних сканерах, тому процес зйомки досить тривалий. Повнокадрові приставки здатні зафіксувати повний кадр, проте елементи матриці можуть реєструвати тільки яскравість в тій або іншій точці сфотографованого об'єкту, але не його колір.

Тому під час зйомці відбувається почергова зміна трьох світлофільтрів – зеленого, синього і червоного, встановлюваних перед ПЗЗ-матрицею, що також вимагає витрат часу.



Canon EOS 100

– професійна дзеркальна цифрова камера
з 6,3 - мегапіксельним CMOS - сенсором
з покращеним дизайном
та технічними характеристиками

Рис. 3.40. Професійна ручна фотокамера

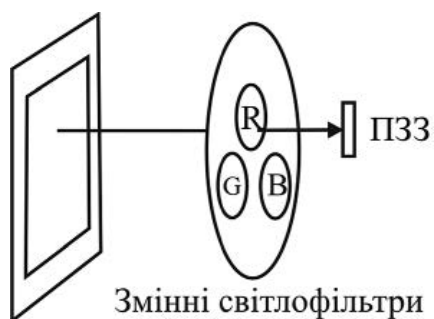


Рис. 3.41, Диск із світлофільтрами

Студійні камери

Студійні камери характеризують надзвичайно високим розрізненням (до 7500 пікселів на лінію) і глибиною кольору до 16 біт на канал. Термін «студійна» стосовно цифрових камер неоднозначний, оскільки практично будь-який цифровий фотоапарат можна поставити на столик або закріпити на штативі і направити на нерухомий об'єкт. Проте, як правило, студійні цифрові камери не призначені для зйомки з рук із-за тривалого експонування. Крім того, для успішної зйомки необхідне спеціальне освітлення.

Студійні камери використовують в основному у видавничих системах, де потрібна надзвичайно висока якість зображення. Майже всі студійні камери підключають до комп'ютера, оскільки розмір файлів, що зберігають, може досягати декількох десятків гігабайт. Тривалий час експозиції і жорсткі вимоги до освітлення при зйомці обмежують діапазон джерел зображень. Застосовують студійні камери також в медичних і наукових цілях. Прикладом таких пристроїв служать камери моделей DCB II фірми Leaf Systems і BigShot фірми Dicomed (рис. 3.42).



Рис. 3.42. Студійна цифрова камера Dicomed BigShot

Для характеристики динамічного діапазону своїх виробів виробники цифрових камер використовують різні параметри – від характерних для плівкових камер (у цифрах системи $f\text{-stop}$) до прийнятих в технології сканування (оптична щільність за логарифмічною шкалою). Іноді замість цих параметрів проводять параметри світлочутливості камери в одиницях стандартів ISO і ASA. Щоб отримати уявлення щодо динамічного діапазону камери, можна скористатися вказаним значенням глибини кольору з урахуванням приведеного в специфікації відношення сигнал/шум.

Введення знятої інформації в комп'ютер здійснюють, в основному, двома способами: за допомогою змінного носія (дискети, флеш-картки або жорсткого диска) або кабелем, через стандартний або спеціалізований порт комп'ютера. У останньому випадку використовують спеціальну програму-драйвер з комплекту постачання камери.

Аматорські камери

Оскільки фотоаматорів, готових придбати камеру за 2000 USD і вище (це без урахування вартості оптики), не так вже і багато, незабаром після професійних моделей з'явилися і аматорські, будову яких більш докладно проаналізовано нижче.

У англomовній літературі часто зустрічаються визначення *consumer cameras* (буквальний переклад – камери споживача), а також *prosumer cameras* – цей термін з'явився порівняно недавно і утворений внаслідок злиття слів *professional* і *consumer*. Їм позначають моделі, з високим розрізненням, великою кількістю ручних налаштувань і сервісних функцій, з можливістю установки оптичних насадок і підключення зовнішнього спалаху – загалом, з усім тим, що до недавнього часу зустрічалося тільки в професійних моделях. Аматорську цифрову камеру на відміну від професійної розробляють, що називається, «з нуля», без використання корпусу і оптики плівкових камер. Є, правда, моделі, які зовнішнім виглядом нагадують широко відомі 35-мм аматорські камери (рис. 3.43 та 3.44).



Рис. 3.43. Ліворуч – плівкова камера Canon IXUS II;
праворуч – цифрова камера Canon Digital IXUS



Рис. 3.44. Ліворуч – плівкова камера Olympus ZOOM 115;
праворуч – цифрова камера Olympus C-990ZOOM

Напівпрофесійні цифрові фотокамери

Напівпрофесійні цифрові фотокамери за своїми технічними параметрами близькі до професійних, із спрощеними деякими експлуатаційними функціями та меншою ціною. У разі використання цих камер любителями можна отримати майже професійну якість знімків.

Прикладом цифрової фотокамери підвищеної якості є апарат фірми FUJIFILM F401 (рис. 3.45). Деякі приклади сучасних цифрових фотокамер напівпрофесійного призначення наведено на рис. 3.46 із зазначенням особливостей технічних характеристик.



Рис. 3.45. Аматорська цифрова фотокамера підвищеної якості

Відеокамери на ПЗЗ

Останніми роками намітилася тенденція поступового зміщення з телекамер передавальних телевізійних трубок твердотільними перетворювачами світло-сигнал на матрицях ПЗЗ різних типів, а саме: матрицях ПЗЗ з рядковим перенесенням зарядів, з кадровим перенесенням зарядів та із рядково-кадровим перенесенням зарядів. В першу чергу це стосується моноблочних комплектів відео-журналістики (ВЖ) з камерою на ПЗЗ 4-х касетний відеомагнітофон з компонентним записом відеосигналів.

На виставці телевізійної апаратури NAB продемонстровано не тільки комплекти ВЖ на матрицях ПЗЗ (BVW-200 фірми Sony, CVR-200- Amrex, (рис. 3.47) KCB-590 – BTS), але і перші високоякісні телекамери на матрицях ПЗЗ для поза студійного відео-виробництва (ПВВ): камери BVP-7 фірми Sony, SVC-7 Amrex, LDK-900 BTS, EP-3 NEC. Маса такого комплекту ВЖ, наприклад BVW-200 близько 7 кг і близька до найкращого значення для цього виду



FujiFilm FinePix 3800

Відмінний дизайн і виняткова зручність у використанні. Шестикратне оптичне збільшення, в поєднанні з досить високою роздільною здатністю в 3 мегапікселі й можливостями автоматичної настройки, дозволяє отримувати відмінні знімки в будь-яких умовах. Можна виявити в ньому лише один мінус: відсутність ручного фокусування. Невелика вага, використання звичайних (пальчикових) батарейок і відносно невисока ціна.

Sony DSC-F717

Цифрові фотоапарати фірми Sony завжди відрізнялися першосортним зображенням і відмінною оптикою. DSC-F717 -- не виняток, десятиразове збільшення за п'ятимегапіксельної роздільної здатності творить дива. Запис відеофрагментів, постачання знімків з анотаціями, а також різноманітні налаштування - загалом, все, що потрібно для роботи.



Рис. 3.46. Напівпрофесійні цифрові фотокамери

апаратури. У ньому використовують телекамери на матрицях ПЗЗ з рядковим або ж рядково-кадровим перенесенням зарядів з 510 елементами горизонталі та їх просторовим зсувом, що дає можливість отримати роздільну здатність за горизонталлю 500-550 телевізійних ліній (твл). Це досить для касетного відеоманітофона Betacam SP із смугою записуваних частот сигналу яскравості 5,5 МГц (440 твл). Моноблочний комплект КСВ-590 на матрицях ПЗЗ з кадровим перенесенням зарядів (кількість елементів 580х604) поступається комплекту фірми Sony і за масою і за споживаною енергією.

Фірми Sony і Amrex розробили і надали камери на трьох матрицях ПЗЗ. За всіма параметрами камери обох фірм аналогічні. Камери BVP-5 (CVC-5) і BVP-50/BVP-50P (CVC-50) призначено для отримання на їх виходах сигналів за системами NTSC і PAL, а камери BVP-7 (CVC-7) лише за NTSC.

Особливо високі параметри мають телекамери BVP-7 (CVC-7), в яких застосовано нові матриці ПЗЗ з рядковим перенесенням зарядів і електронним затвором. У них кількість елементів горизонталі вперше досягає рівним 768. Внаслідок цього гранична роздільна здатність горизонталлю в центрі отримана рівною 700 твл (внаслідок просторового зсуву матриць), що достатньо для ПБВ. Відношення сигнал/шум (62 дБ) і чутливість (номінальна освітленість об'єкту 2000 лк за діафрагми від 1 до 5,6) істотно вищі, ніж у три-трубкових портативних камер. Споживана потужність, розміри і маса нових телекамер на трьох матрицях ПЗЗ менша, ніж у три-трубкових камер. Їх істотна перевага у високій точності поєднання растрів – 0,05% по всьому полю зображення і малі

геометричні спотворення – менше 1% для камер BVP-5 і BVP-50 обумовлені об'єктивом для камер BVP-7.

Фірма BTS розробила камеру на матрицях ПЗЗ LDK-900, конструкція якої дозволяє встановлювати важкі студійні варіооб'єктиви з кратністю зміни 50:1. Ця камера може працювати у парі з легкою камерою на ПЗЗ LDK-90 тієї ж фірми, тобто реалізує аналогічну концепцію роботи, як у три-трубкових камер.



Рис. 3.47. Відеокамера CVR-200 на матрицях ПЗЗ фірми Amrex

Плотери

Плотери використовують для отримання складних конструкторських креслень, архітектурних планів, географічних і метеорологічних карт, ділових схем. **Плотери формують зображення за допомогою пера.**

Роликові плотери прокручують папір під пером, а **планшетні плотери** переміщують перо через всю поверхню горизонтально розташованого паперу.

Плотеру, так само, як і принтеру, потрібна спеціальна програма – **драйвер**, що дозволяє прикладним програмам передавати йому інструкції: підняти та опустити перо, провести лінію заданої товщини і тому подібне. Проведемо аналіз продукції деяких фірм-виробників плотерів: Encad, Hewlett Packard, ColorSpan, Roland, Mutoh. Такі фірми, як OCI, Selex (Canon) і Xerox, які поставляють повнокольорові моделі плотерів. Призначено ці плотери для САПР (систем автоматизованого проектування) і ГІС (геоінформаційних систем). Фірма Kodak поставляє плотери від Encad і Mutoh, Bford – від Encad і ColorSpan, а Agfa - від Mutoh, тобто вони не є оригінальними виробниками. У Rastergraphics і Anagraph відсутні дилери, що реально працюють в СНГ. Існують ще маловідомі виробники плотерів, зокрема планшетних і барабанных, але це, як правило, специфічно.

Термо- і п'єзо- плотери

Струменеві плотери прийнято розділяти в за типом струменевої системи на два класи: термоструйні та п'єзоелектричні. Американські фірми Encad, HP і ColorSpan застосовують у своїх плотерах термоструйні головки, а японські Roland і Mutoh – п'єзоелектричні головки. Прихильники кожною з технологій доводять перевагу своєї струменевої системи. В термоструйній технології підкреслюють перевагу за швидкістю друку, а в п'єзоелектричній – за якістю зображення. У останньому випадку під якістю розуміють краще розрізнення, ширший потенційний діапазон вживаного чорнила, а також можливість управління розміром уприскуваної краплі. Іншою принциповою відмінністю двох систем є термін служби струменевих головок. Термоелектричні струменеві головки є витратним матеріалом і розраховані на регулярну заміну після прокачування певного об'єму чорнил (наприклад, 500-1000 мл для Encad). Вони коштують відносно недорого і зазвичай їх продають у комплекті з чорнилом. П'єзоелектричні головки набагато надійніші і розраховані на тривалішу службу (1-3 роки). Але при цьому їх вартість вища, а процедура заміни складніша (пов'язана з розбиранням плотера).

Основні характеристики плотерів

Розрізнення. Визначають реальне адресне розрізнення. Реальне розрізнення – це те розрізнення, що забезпечує струменова головка, тобто – це підвищення щільності точок за декількох проходів головок. В проспекті Roland або Mutoh надано розрізнення 720x1440 dpi, а у ColorSpan – 1800 dpi, то треба розуміти ці цифри 1440 і 1800 dpi саме як адресне розрізнення типу «підвищене». У режимі «підвищеного» розрізнення плотер управлятиме струменевими головками так, щоб збільшити щільність точок в 2-3 рази, при цьому відповідно, відбувається уповільнення швидкості друку також у 2-3 рази. У деяких випадках це дозволяє позбутися від «накладання», отримати м'якші переходи півтонів, проте отримати дрібніші деталі зображення не можна – базовий розмір точки при цьому не змінюється. На практиці режим «підвищеного» розрізнення у широкоформатному друці практично не застосовують, це в основному, маркетинговий прийом фірми-виробника.

Струменова система

У плотерах фірм Roland і Mutoh (а також у цілому ряду інших фірм) застосовуються п'єзоструйні головки від принтера Epson Stylus 3000. Марно намагатися порівнювати якість цих плотерів – вони принципово однакові і можуть відрізнятися тільки завдяки відмінності в професіоналізмі операторів. У разі використання рекомендованих витратних матеріалів, за правильного кольорокалібрування і растровання якість відбитків відрізнятися не буде.

У плотерах Encad застосовують головки Lexmark/Encad. У останніх моделях плотерів цієї фірми в картриджі вбудовують спеціальні чіпи, в яких записують інформацію щодо типу використовуваного чорнила і, найголовніше, про кількість витраченого чорнила. Інформація про кількість витраченого чорнила допомагає оцінити собівартість робіт, а також визначити час функціонування картриджа, що залишився. Що стосується інформації щодо типу чорнил, то за змін чорнил з одного типу на інший (Encad пропонує на сьогодні 7 типів чорнил) уникнуто плутанину картриджів.

У плотерах Hewlett-Packard (HP) застосовують, струменеві головки HP. Найбільш досконала головка застосована в моделі HP 1000 – вона має 512 форсунок і за один прохід друкує смугу шириною в один дюйм (25,4 мм). У плотерах ColorSpan також застосовують головки HP. У моделі DisplayMaker XII застосовують сучасну струменеву головку HP, що має розрізнення 600 dpi. Що стосується моделей DisplayMaker 4200 6100 7100, то в них **застосовано** морально застарілу головку HP 51626A. Ця головка має розрізнення 300 dpi і застосовувалася ще в перших поколіннях струменевих плотерів (Encad NovaJet 2 3, Summagraphics SummaJet і в інших). Застосування цієї головки в плотерах DisplayMaker неодноразово викликало критику фахівців.

Для підвищення надійності роботи струменевих головок в плотерах Encad, HP і ColorSpan застосовано систему компенсації збійних форсунок. Суть її роботи така: система виявляє непрацюючу форсунку і підключає замість неї іншу. Але, цей алгоритм спрацьовує тільки у разі друку в режимі декількох проходів (якщо більше проходів, більш вірогідне компенсація). Втім, більшість робіт в рекламних технологіях друкують в декілька проходів.

Швидкість друку. Практично в будь-якому плотері є 5-8 режимів друку – одно- або двонаправлений друк, в 1,2,3,4 проходів, з «підвищеним» або «зниженим» розрізненням. За меншу кількість проходів струменевої головки, вище швидкість друку, але нижча якість. Можна, звичайно, порівнювати максимальні швидкості – двонаправлений друк в один прохід (зазвичай це називають «чорновий» режим). Але реальні замовлення в цьому режимі не друкують. Нормальний режим у різних плотерах змінюється залежно від кількості проходів (3-4), але сенс його в тому, що він забезпечує нормальне відтворення на фотопапері графічно складних зображень (з напівтоновими переходами, великими заливками тощо). Іншими словами, це реальна швидкість, за якій друкують замовлення.

Продуктивність системи. Продуктивність плотера багато в чому визначає швидкістю друку, але треба враховувати також інші складові. Наприклад, потужність комп'ютера і швидкість інтерфейсу. Інколи термін підготовки файлу до друку, растровання займає значно більше часу, ніж власне друк. Тому, обираючи тип плотера, необхідно зважати на систему друку в цілому.

Важливе значення для забезпечення продуктивності друку має наявність системи подавання чорнил. Під час роботи з окремими картриджами необхідно контролювати за витратою чорнил в кожному з них, щоб вчасно зупинити пло-

тер і замінити спорожнілий картридж. За подавання чорнил з великих ємкостей такої проблеми не виникає.

Також дуже важливо у разі застосування в друкарських технологіях мати на плотері систему сушки і підмотки готових зображень. Якщо в плотері немає системи сушки, тоді готові відбитки не можна намотувати на приймальну бобіну (або просто в рулон). Це означає, що оператор повинен стежити, щоб відбиток не торкався поля, а в кінці друку відрізати його (для цього у всіх сучасних плотерах, є автоматичний ніж) і укладати (або вивішувати) на спеціальне місце для просушування. Сушка особливо актуальна для роботи на «швидких» плотерах і для друку на фотопапері або плівці.

Щодо пристрою підмотки готових відбитків, то його зручно застосовувати у разі друку довгих зображень і/або якщо ці відбитки підлягають подальшому ламінуванню.

Сканувальна головка на плотері

Сканувальна головка – це недорога матриця CCD. Розміри і роздільна здатність невеликі. Тому, щоб відсканувати креслення, необхідне взаємне переміщення носія і головки за двома координатами (рис. 3.48).



Рис. 3.48. Сканувальна головка плоттера

Це забезпечує кінематика плотера. За один прохід сканують одну смужку. Склеювання смужок відбувається автоматично за допомогою програмного забезпечення, що додається. Проте внаслідок механічних похибок склеювання ніколи не буває точним, тому для отриманого зображення характерна смугатість, що практично не компенсується.

Планшетний сканер

Принцип роботи аналогічний принципу роботи лінійного CCD-сканера (рис. 3.49, 3.50), за винятком того, що переміщують CCD і фокусують відбиті промені, а не ті, що проходять. Така конструкція типова для більшості настільних сканерів формату A3 і A4. Як правило, використовують один елемент CCD (для монохромних зображень).

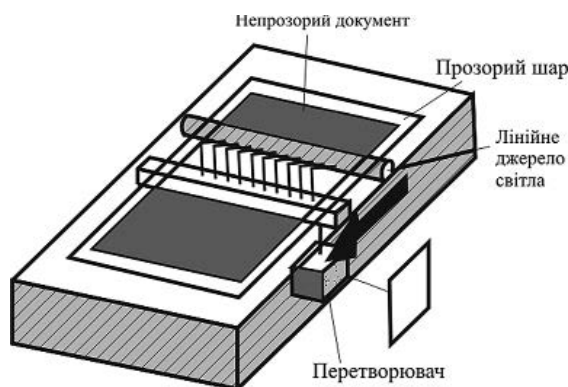


Рис. 3.49. Планшетний сканер

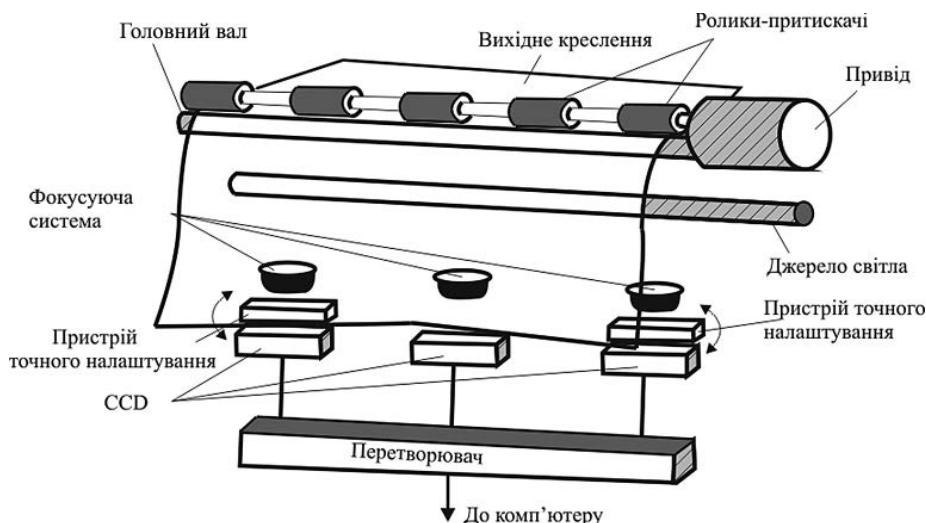


Рис. 3.50. Конструкція планшетного сканера

Кінематична схема цього сканера аналогічна схемі лінійного CCD-сканера. CCD нерухомі, переміщують носій. Фокусують відбиті промені. Коли за такою схемою виготовляють сканери великого формату (A1 або A0), то, як правило, використовують не один елемент CCD, а декілька, встановлених один за одним в лінійку. Спеціальний пристрій забезпечує точну стиковку зображень, отриманих кожним CCD. Процес корекції взаємного розташування CCD (юстування), в нових сканерах автоматизований. Теперішнім часом це практично єдина конструктивна схема роботи сканерів великого формату, як чорно-білих, так і кольорових. Варіації цієї схеми стосуються тракту, за яким переміщують носій: він може бути прямолінійним, – тоді немає зайвих деформацій носія, а може бути зігнутим, що обмежує застосування деяких видів носіїв у таких сканерах (жорстких, або підвищеної товщини).

3.4. Фото-електростатична реєстрація зображень

Фото-електростатичні способи реєстрації (запису) зображень потребують зазвичай носій інформації у вигляді стандартного паперу формату A4, A3, широко вживаний для друку з комп'ютерів.

Фото-електростатичною називають реєстрацію внаслідок наявності світлочутливого (фоточутливого) барабана, покритого гальванічно тонким шаром селену або іншим матеріалом, із зображенням об'єкту, що копіюють, який заряджає електростатично барабан. До зарядженого шару барабана, що обертається, притягуються частинки тонкодисперсного порошку. Барабан у разі контакту з папером віддає їй заряджений порошок у вигляді зображення, який термофіксується на папері з хорошою адгезією.

У цьому способі є **фото- і електростатичні** процеси, звідки і він отримав свою назву.

Якщо узяти один з найбільш поширених видів фото-електростатичної реєстрації – **ксерокопіювання**, то виходять чорно-білі, рідше – кольорові копії різних документів (креслень, книг, журналів тощо). Формати копій можуть бути однакові, збільшені або зменшені відносно оригіналу зображення.

Фото-електростатичну реєстрацію зображень відносять до вельми поширеної та порівняно недорогої й оперативної форми ТРІ.

Копіювальний апарат – пристрій, призначений для отримання копій з різних оригіналів (рис. 3.51).

Робота копіювального апарату заснована на принципі сухої ксерографії (*xeros* – сухий, *graph* – писати). Ксерографія – фотографічний процес, заснований на фізичних явищах, що використовують фотопровідність напівпровідників. Під дією світла такі напівпровідники змінюють свій питомий опір.

Винахідником процесу ксерографії вважають Честер Ф. Карлсона (1906-1968). У 1947 р. фірма Haloid Company перекупила права на використання патентів Карлсона. Тоді ж було дано назву – ксерографія – процесу

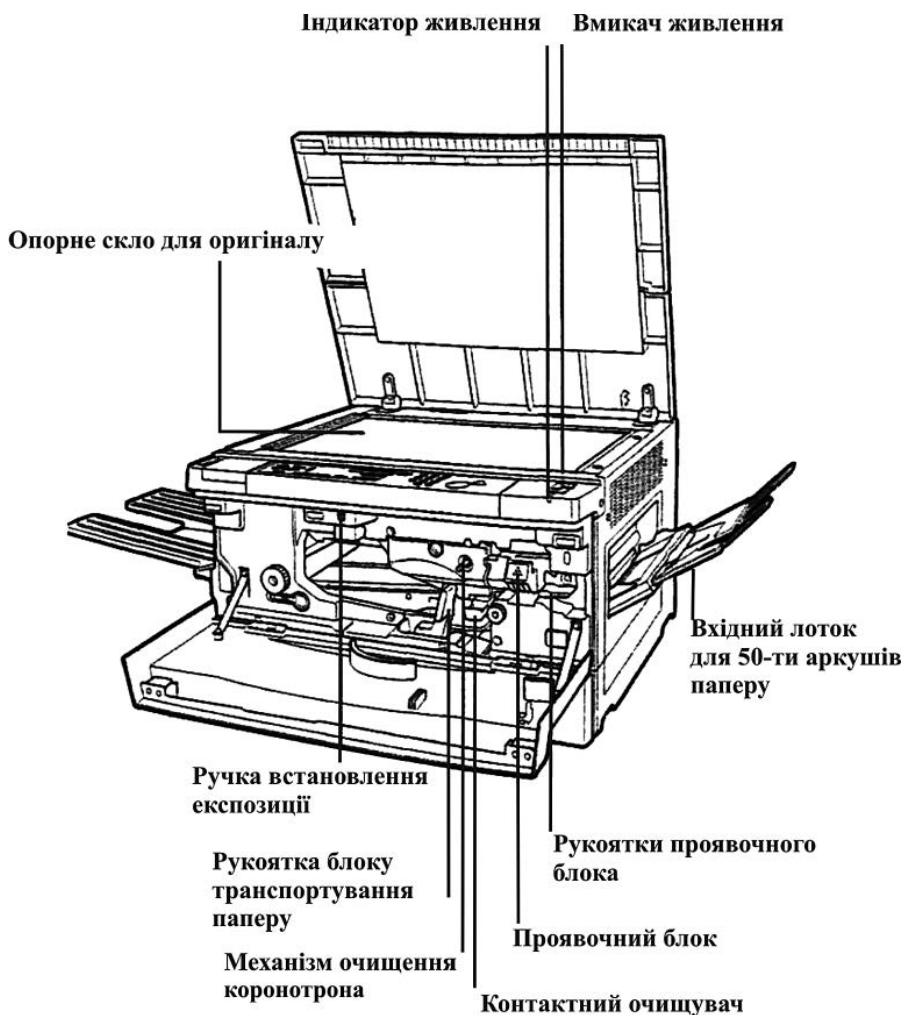


Рис. 3.51. Конструкція ксерокса

сухого електростатичного перенесення зображення, винайденому Карлсоном. Згодом фірма була кілька разів перетворена, і зараз її називають Xerox Corporation.

Основним елементом копіювального апарату (рис. 3.52 і 3.53) є світлочутливий барабан. Як правило, це порожнистий металевий циліндр, з нанесеним на його поверхню високоомним напівпровідником. Як напівпровідники використовують шари на основі Se з добавками Ti, Cd тощо, шари на основі CdS або органічних напівпровідникових покриттів.

Селеновий фоторецептор складено з декількох шарів: «пастковий шар» є оксидною плівкою, для запобігання темповій інжекції носіїв заряду, далі фотопровідний шар, потім алюмінієва оксидна плівка і підкладка.

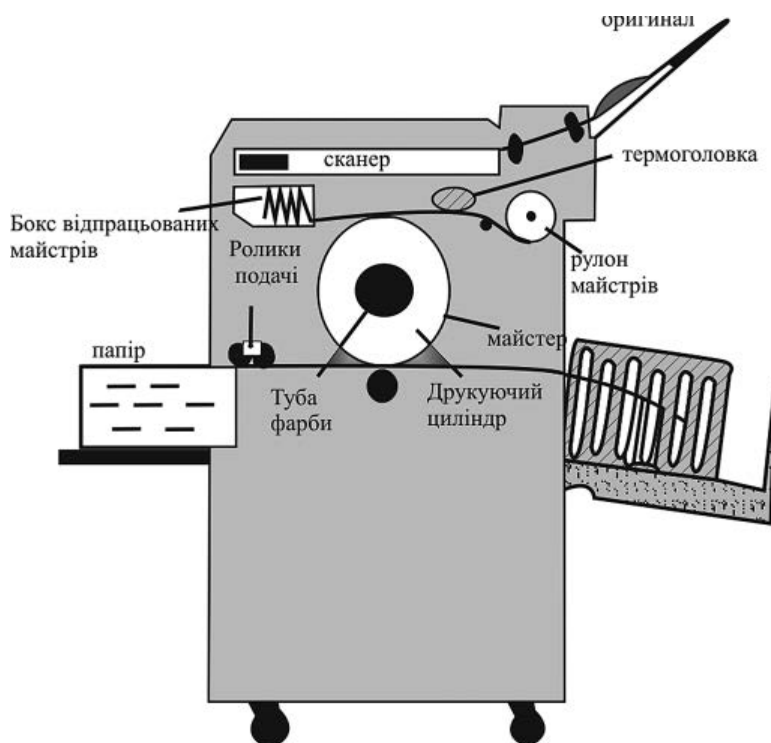


Рис. 3.52. Спрощена будова сканера

Органічний фоторецептор двошаровий. Перший шар – шар перенесення носіїв (ШПН) електричного заряду, другий шар – шар генерування носіїв (ШГН) електричного заряду. За ним йде тонкий шар оксидної плівки, який запобігає витіканню заряду в підкладку, потім підкладка – останній алюмінієвий шар.

Фоторецептори в основному є двох видів: стрічкові і циліндрові. Стрічкові фоторецептори є замкнутою широкою стрічкою з нанесеним на її поверхню фотопровідним шаром. Використовують у високопродуктивних апаратах, оскільки це дозволяє спроектувати все зображення оригіналу відразу. Циліндровий фоторецептор – порожнистий металевий циліндр (зазвичай алюмінієвий), з нанесеним на його поверхню фотопровідним шаром. Широко використовують в копіях малої і середньої продуктивності.

Робота копіювального апарату містить декілька основних етапів. Всі етапи взаємозв'язані. Хороша якість копії залежить від правильного виконання всіх етапів роботи копіювального апарату (рис. 3.53).

Повний цикл ксерографії складає вісім основних етапів. Ці етапи взаємопов'язані.

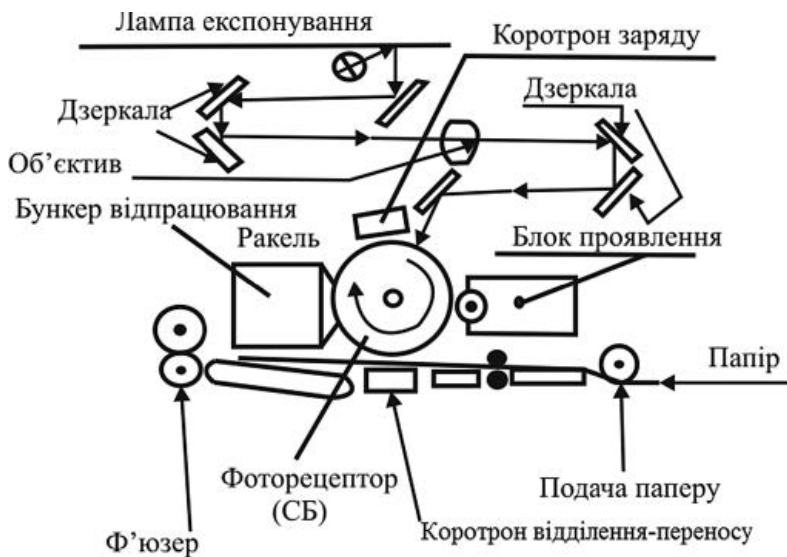


Рис. 3.53. Схема копіювального апарату

Фоторецептор або світлочутливий барабан (СБ)

1. Зарядження

На етапі зарядки на поверхню фоторецептора наносять рівномірно розподілений певний електростатичний заряд.

2. Формування зображення

На етапі формування зображення на поверхні фоторецептора створюється оптичне зображення оригіналу. Отримане оптичне зображення повинне:

а) мати необхідні геометричні параметри; б) мати розподіл освітленості, відповідний оптичній щільності оригіналу.

3. Експонування

На етапі експонування на поверхні фоторецептора створюють невидимий електростатичний рельєф, відповідний початковому оптичному зображенню. При цьому значення поверхневого заряду на ділянках, що містять зображення, відрізняється від – заряду на ділянках, що не містять зображення.

4. Проявлення

На етапі проявлення на ділянки поверхні фоторецептора, які містять приховане зображення, наносять частинки тонера, які формують на поверхні фоторецептора видиме зображення.

5. Перенесення

Під час операції перенесення папір є в контакт з фоторецептором. Потім паперу передають такий електростатичний заряд, що частинки тонера відриваються від поверхні фоторецептора і притягуються до паперу. В результаті велика частина тонера переноситься на папір, а залишки тонера віддаляються з фоторецептора на етапі очищення.

6. Відділення

На даному етапі папір з нанесеним на неї тонером відділяється від фоторецептора, на якому він раніше утримувався електростатичними силами.

7. Закріплення

На етапі закріплення папір проходить між нагрівальним і притискним валиками. При цьому під впливом температури і тиску частинки тонера розплавляються і упресовуються в папір, створюючи стійке до зовнішніх дій зображення.

8. Очищення

На цьому етапі виконують дві операції:

- а) розрядка фоторецептора;
- б) механічне видалення залишків тонера.

В даний час виробляють багато різних типів копирів. Проте методи реалізації процесу ксерографії в них відрізняються несуттєво.

Фоторецептор – основний вузол будь-якого копіювального апарату. На поверхні фоторецептора створюється електростатичне, а потім видиме зображення копійованого оригіналу з подальшим перенесенням цього зображення на папір або спеціальний матеріал.

Більшість етапів процесу ксерографії здійснюють за допомогою фоторецептора, який є основним вузлом копіювального апарату. На етапі зарядки поверхню фоторецептора заряджають. Процес зарядки здійснено в темноті, і фоторецептор утримує отриманий заряд. Під час експонування з тих ділянок фоторецептора, які піддалися дії світла, заряд стікає на масу, оскільки в цьому випадку фоторецептор працює як провідник.

Фоторецептор складено з двох основних частин – підкладки, виготовленої з матеріалу, який добре проводить електрострум, і фотопровідного шару.

Теперішнім часом використовують два основні типи фоторецепторів:

- а) циліндрові фоторецептори;
- б) стрічкові фоторецептори.

Циліндровими фоторецепторами є порожнисті алюмінієві циліндри, на зовнішню поверхню яких нанесено фотопровідний шар. Їх використовують в апаратах малої і середньої продуктивності і вони мають порівняно невеликі габарити, їх легко знімати і замінювати.

Стрічкові фоторецептори є провідною підкладкою у вигляді гнучкої широкої стрічки, на зовнішню сторону якої нанесено фотопровідний шар. Зазвичай їх використовують в апаратах великої продуктивності, оскільки на них можна практично миттєво повністю спроектувати зображення оригіналу, що значно підвищує швидкість роботи апаратів. Такі фоторецептори значно більше за розміром, ніж циліндрові.

Відсутність потрібного мастила на барабані фоторецептора і очищаючому лезі може привести до суттєвого пошкодження покриття барабана унаслідок вібрації або перегину леза. Ступінь пошкодження покриття барабана залежить від характеру порушення роботи леза і від типу барабана.

Леза для очищення барабанів сконструйовані для роботи за принципом «прилипання і ковзання». Коли барабан починає обертатися, кромка леза злегка «прилипає» до поверхні барабана і трохи переміщається разом з ним у напрямі обертання барабана. За правильного змащування кромка леза починає «ковзати» уздовж поверхні барабана в напрямі, протилежному його обертанню. Леза для очищення барабанів виготовлені, як правило, з поліуретану – виключно зносостійкого, довговічного резиноподібного матеріалу. Оскільки поліуретан порівняно «липкий» матеріал, правильне змащення кромки леза і поверхні барабана необхідне для безперешкодного ковзання леза під час обертання барабана. Якщо поверхня барабана і кромка (особливо її кінці) леза, не були ретельно змащені, може відбутися вібрація або перегин леза. За недостатнього змащення кінців кромки леза вони прилипають до барабана довше і рухаються разом з ним далі, ніж необхідно. Потім вони прослизують трохи назад, але знову прилипають до барабана довше і теж рухаються разом з ним далі, ніж потрібно. В результаті лезо «вібрує» на поверхні барабана, що обертається, утворюючи уздовж всього покриття подряпини через регулярні інтервали. Перегин леза відбувається, коли один з кінців його кромки прилипає до барабана і перестає ковзати, унаслідок чого у разі обертання барабана лезо послідовно перегинається по всій довжині назад, створюючи глибоку спіральну подряпину навколо всього покриття барабана. Лезо створює подряпини такого типу в барабані, що швидко обертається, швидше, ніж в барабані більшого розміру, що повільніше обертається. Після повного перегину леза назад його задня сторона треться об поверхню барабана, що обертається, створюючи додаткові подряпини в покритті. Перегин леза може відбуватися також, коли, унаслідок неправильного змащення, центр кромки леза прилипає до барабана, що обертається, і перестає ковзати, внаслідок чого лезо перегинається назад одночасно по всій довжині, створюючи в покритті барабана одну глибоку подряпину. Додаткові подряпини створюються потім при терті задньої сторони леза об барабан, що обертається. Крім того, лезо може бути вирване з утримувача, і речовина для приклеювання леза може прилипнути до барабана. Вібрація і перегин леза частіше відбуваються на барабанах, виготовлених з фотопровідних органічних полімерів, ніж на барабанах із сплавів селену, оскільки «липке» поліуретанове лезо легше прилипає до «липкого» фотополімеру, аніж до більш склоподібної поверхні сплаву селену. Крім того, вібрація або перегин леза можуть сильніше пошкодити м'якші і сприйнятливіші до подряпин полімерні покриття, ніж покриття із сплавів селену.

Типи мастил

Барабани та очищуючі леза, з нанесеним під час виготовлення мастилом або використовувані в копіювальних машинах з автоматичним змащуванням барабанів тонерами в робочих циклах, зазвичай не потребують додаткового змащування перед установкою в машини. Навпаки, барабани і леза, які не були

змащені заздалегідь і не змащуватимуться тонером автоматично, повинні бути змащені вручну техніком обслуговування одним з двох спеціальних мастил – порошком стеарата цинку або порошком Kynar®, або новим тонером, який містить змащуючі присадки. Правильно, використані тонери мінімізують вірогідність пошкодження лезом покриття барабана. Більшість виробників машин рекомендують мастила одного з цих видів.

Порошком стеарата цинку слід змащувати тільки барабани із сплаву селену і леза, які для них використовують, оскільки порівняно великі частинки цього порошку можуть спричинити незначну потертість більш м'якого і фізично чутливого покриття полімерних барабанів. Частинки Kynar®, порошку фторовмісного полімеру, менші за розміром і значно краще підходять для змащування полімерних барабанів і лез. Новим тонером можна змащувати і селенові, і полімерні барабани, та всі леза для їх очищення. Katun пропонує порошок стеарата цинку і Kynar® у пакетах, зручних для нанесення мастила на барабани і очищаючи леза. Рівномірне змащення всієї поверхні барабана проводять легкими ударами пакетом по барабану, що поволі повертається, а для ретельного і рівномірного змазування леза потрібно легко ударяти пакетом кромку леза уздовж всієї його довжини. Особливо важливо ретельно змастити кінці кромки. Правильне змащення барабанів фоторецепторів і очищаючих лез стеаратом цинку, Kynar® або новий тонер перед установкою забезпечує правильний рух кромки лез поверхнею барабанів і запобігає значним пошкодженням покриттів барабанів унаслідок вібрації і/або перегину лез.

Дріт коронотрона – одна з основних деталей вельми складних електронних і механічних систем, вживаних у сучасних копіювальних машинах, принтерах і факсах, та її надійне функціонування в блоках відділення і перенесення, а особливо – в основному заряджальному блоці – абсолютно необхідно для оптимізації роботи офісної техніки. Це настільки важливо, що коли користувачі скаржаться на погіршення якості копій, технік з обслуговування в першу чергу очищає або замінює дріт коронотрона, і якщо це не вирішує проблеми, переходить до подальшої діагностики.

У сучасному офісному устаткуванні застосовано декілька різних типів дроту коронотрона, жоден з яких правильно не працюватиме без належного очищення. Забруднення поверхні дроту коронотрона може привести до появи електричних «гарячих крапок», що спричиняють нерівномірність в зарядці фоторецептора, або електричних «дуг», які зможуть непоправно пошкодити фоторецептор. Це призводить до погіршення якості копій і передчасного виходу фоторецептора з ладу, що значно підвищує витрати на обслуговування техніки. Правильному функціонуванню дроту коронотрона може заважати будь-який з безлічі різних забруднювачів. Найбільш поширено забруднення від пальців техніки під час установки. Після того, як дріт коронотрона належним чином встановлено, і машина працює, на дріт потрапляють інші забруднювачі, такі як тонер, паперовий пил, силіконове масло, озон. Таке забруднення осо-

бливо характерне для машин попередніх моделей. Дріт коронотрона може бути також фізично пошкоджений під час установки або обідраний автоматичними «щипаючими» системами очищення, вживаними в деяких машинах.

Дріт коронотрона має вольфрамову серцевину, що забезпечує міцність на розтягування, необхідну для витримки частих електричних заряджань. Щоб добитися максимального опору дроту коронотрона забрудненню в робочому середовищі, деякі дроти коронотрона покривають сплавами з дорогоцінних металів, таких як золото і платина. Ці метали мають відмінну провідність і високий опір забрудненню. Дріт коронотрона із золотим покриттям найкращим чином підходить для офісного устаткування, що використовує органічні фотопровідні барабани, тоді як дріт коронотрона з платиновою наплавленою плакировкою забезпечують якнайкращий опір забрудненню протягом найдовших термінів експлуатації для устаткування з селеновими фоторецепторами. Плакироване наплавлення – це процес, за якого фізичний тиск «приварює» частинки до вольфрамового очереда та забезпечує міцне, надійне з'єднання. Наплавлену плакировку, зазвичай, вважають набагато довговічнішою, ніж гальванопокриття, що наносять на вольфрам шляхом електролізу і яке більш схильне до відшарування після багаторазового пропускання електричного струму або під час очищення. Золото – метал дуже м'який, щоб витримати плакировку наплавленням, тому його наносять на вольфрам гальванічним способом. Золоті і платинові дроти коронотрона застосовують не на всіх машинах. Інші типи дроту коронотрона, наприклад, окиснені, поліровані і з вуглецевим покриттям, застосовують і рекомендують для деяких видів офісної техніки японського виробництва.

Виробник устаткування визначає, який тип дроту коронотрона слід застосовувати у конкретних випадках, залежно від вартості, експлуатаційних характеристик і конструктивних особливостей техніки. Не існує універсального «самого кращого» типу дроту коронотрона, а є типи, найбільш відповідні для конкретних конструкцій і умов роботи техніки. Як правило, якщо «фірмовий» дріт коронотрона від виробника устаткування працює задовільно, його слід замінювати дротом коронотрона того ж типу. Проте, в деяких випадках технік може використовувати дріт коронотрона іншого типу, з міркувань якості або економії. Наприклад, для ряду моделей устаткування замість дроту коронотрона з вуглецевим покриттям можна застосовувати дріт коронотрона з платиновим покриттям, що покращує опір забрудненню і довговічність. Також можливо робити вибір між 0,3-мікронним і 1,5-мікронним золотим гальванопокриттям дроту коронотрона для машин з кремнієвими і з органічними фотопровідними барабанами. Дріт з 0,3-мікронним покриттям – тонший і дешевший. Дріт з 1,5-мікронним покриттям зазвичай набагато довговічніший, його особливо рекомендують для техніки, розрахованої на великі об'єми роботи.

Щоб максимально підвищити якість роботи і довговічність, дріт коронотрона необхідно ретельно очищати, а також перевіряти його стан і стан всього

блоку коронотрона відразу після встановлення, а також під час кожного обслуговування, щоб своєчасно усувати відбитки пальців і інші види забруднення.

Краще всього застосовувати для очищення ізопропіловий спирт, проте, деякі техніки очищають золочені дроти коронотрона звичайними стиральними гумами, оскільки тонке золоте покриття може почати відшаровуватися за інтенсивного чищення. Дроти коронотрона із золотим покриттям необхідно чистити м'якими рухами в одному напрямі, після чищення перевіряти наявність перекручень, вигинів або інших порушень, які можуть пошкодити якості зарядки. Техніки з обслуговування повинні також перевіряти всі озонові та повітряні фільтри і регулярно міняти їх в терміни, рекомендовані виробниками устаткування. Крім того, чистота устаткування в цілому позитивно позначається на якості роботи дроту коронотрона: якщо менше тонера і паперового пилу в машині, – тим менша вірогідність їх накопичення на коронотроні.

«ОРС» – це скорочення від «*Organic photoconductor*», – органічний фотопровідник. «Органічний» означає, що покриття фоторецептора зроблене з хімічних сполук на вуглецевій основі, конкретно – з фотопровідних полімерів, синтезованих з продуктів очищення нафти. Сучасні фоторецептори органічних фотопровідних барабанів вважають найменш шкідливими для навколишнього середовища, в першу чергу тому, що їх конструктори і виробники свідомо уникають застосування шкідливої сировини. До того ж, всі матеріали ретельно тестують на безпеку, перш ніж використовувати їх для виготовлення фотопровідних барабанів. Тому ОРС-барабани дійсно набагато менш шкідливі для навколишнього середовища, аніж, наприклад, барабани з миш'якового триселеніда (As_2Se_3) або селен-теллура (SeTe).

Фізичні характеристики органічних фотопровідних барабанів

У сучасних японських копіювальних апаратах частіше застосовують органічні фотопровідні барабани (рис. 3.54), які одержують негативний заряд. Їх конструкція, зазвичай, містить (від самого внутрішнього шару до самого зовнішнього) алюмінієву підкладку-прошарок, або блокувальний прошарок (БП), прошарок генерації заряду (ПГЗ) і прошарок перенесення заряду (ППЗ).

Алюмінієва підкладка сприяє фотопровідності на фізичному і електричному рівнях, але не є суттєвою в електрофотографічному процесі. Її основне призначення додавати структурну та механічну жорсткість, а також це є провідник до уземлення.

Блокувальний прошарок між підкладкою і фотопровідними шарами забезпечує зчеплення шарів і запобігає «витоку» заряду, який може зменшити якість копіювання. Як і алюмінієва підкладка, прошарок є суттєвим у процесі електрофотографії, але також його застосовують як провідник до уземлення. БП, зазвичай, виконують з окислю алюмінію, анодованого алюмінію і різних резистивних полімерів.

Прошарок генерації заряду дуже тонкий, завтовшки від 0,1 до 1,0 мкм. (Для порівняння, середній діаметр волосини людини – 50 мкм). Його колір, який визначає колір самого барабана, залежить від конкретних матеріалів, з яких виготовлено прошарок. Світлочутливість зарядогенерувального прошарку має найважливіше значення для роботи барабана і може служити обмежуючим чинником для швидкості копіювання, за якої органічний фотопровідний барабан може ефективно функціонувати.

Прошарок перенесення заряду – це зовнішній шар барабана, завтовшки, зазвичай від 20 до 30 мкм. Він практично прозорий і пропускає світло до шару генерації заряду. Подібно до того, що ПГЗ перш за все, визначає світлочутливість барабана, то ППЗ перш за все, визначає швидкість отримання і перенесення заряду. Зовнішня поверхня ППЗ вступає в контакт з тонером, девелопером, папером, ракелями, озоном та іншими потенційно абразивними або забруднюючими компонентами. Тому характеристики стійкості ППЗ до зносу, такі як, наприклад, міцність на стирання, є критичними чинниками довговічності фотопровідного барабана.

Цей опис актуальний до більшості вживаних сьогодні органічних фотопровідних барабанів, але існують також інші типи OPC-барабанів. Наприклад, в деяких копіях виробництва Mita застосовуються органічні фотопровідні барабани позитивного заряду з комбінованим шаром генерації і перенесення заряду (такі барабани називаються «моно-шаровими»). Оскільки цей єдиний шар визначає всі електричні та фізичні характеристики покриття, включно з отриманням заряду, фоточутливість і стійкість до зносу, його виготовлення вимагає ви-

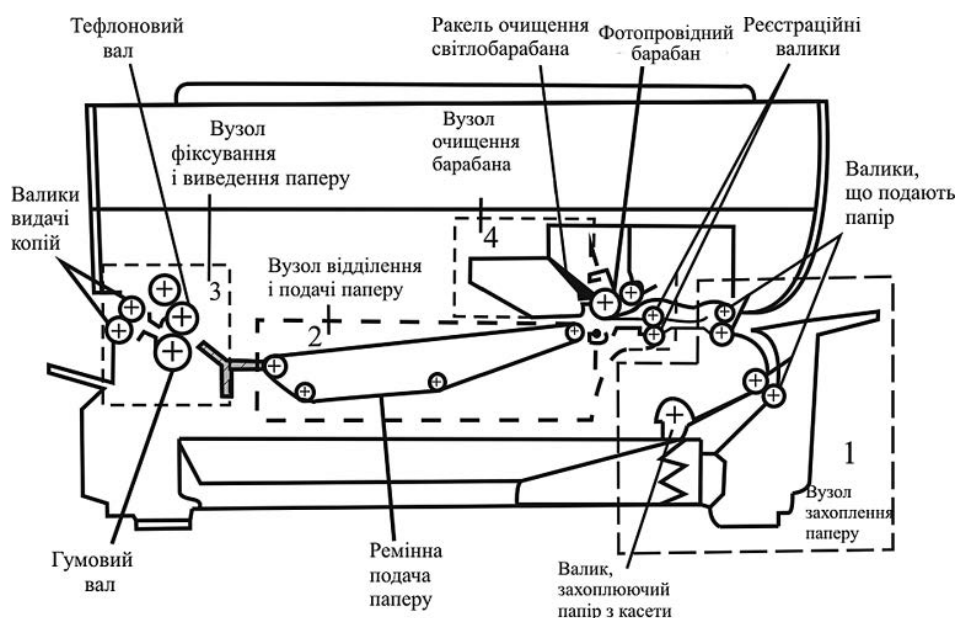


Рис 3.54. Механізм ксерокопіювального апарату

сокої точності. Тільки Mita і Katun успішно виробляють барабани цього типу. Фотопровідні барабани позитивного заряду мають коротший термін служби, ніж «стандартні» OPC-барабани, тому що м'які матеріали в їх моношарі, що, зазвичай, містяться в зарядогенеруючому шарі, знижують стійкість моношару до стирання.

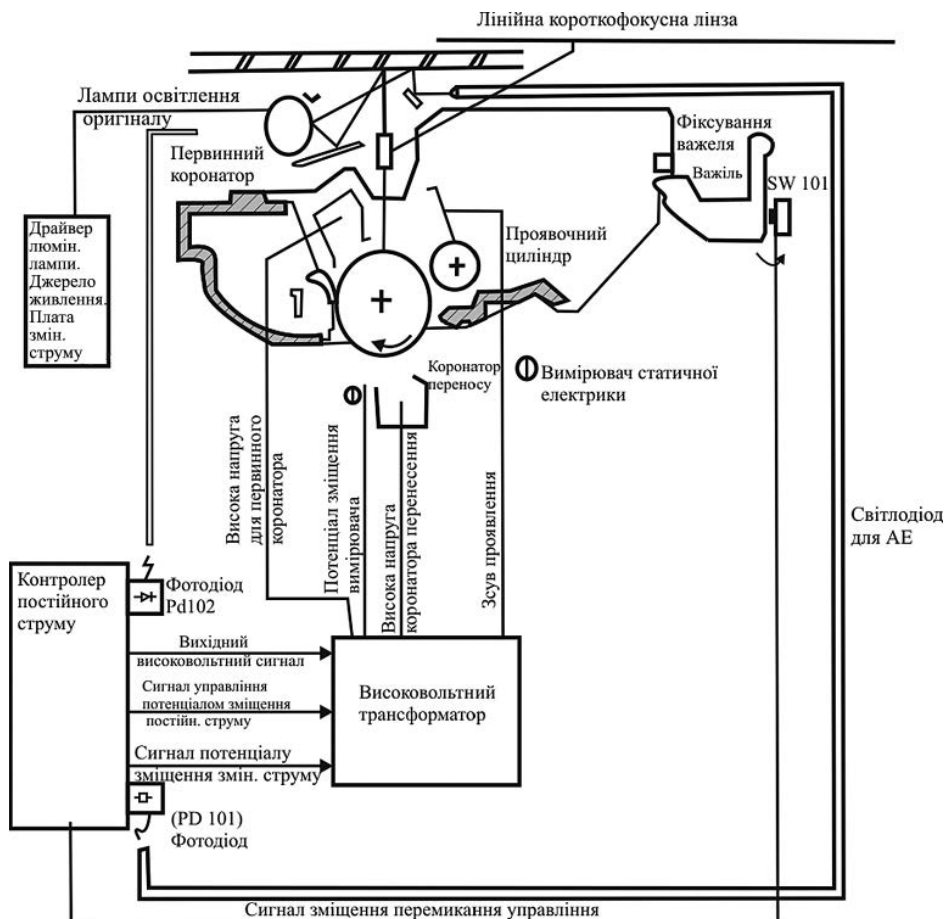


Рис. 3.55. Функціональна схема ксерокса

Переваги технології OPC

Існує немало серйозних причин щодо швидкого, широкомасштабного переходу офісної техніки на OPC-барабани. По-перше, удосконалення матеріалів покриттів і розвиток технології дозволили виготовляти більш світлочутливі, довговічні органічні фотопровідні барабани, придатні для різних видів устаткування, включно з надшвидкими копіювальними машинами (75 і більш копій за хвилину). Органічні фотопровідні барабани, вживані в більшості нових японських

копіях класу 3, 4 і 5, дають таку якість копій і довговічність, які раніше були тільки з барабанами на основі As_2Se_3 . Збільшена увага до охорони навколишнього середовища також є важливим чинником переходу галузі на органічні фотопровідні барабани. Необхідність охорони середовища в глобальному масштабі привело до введення обмежень щодо вивезення на звалища фоторецепторів на селеновій основі (As_2Se_3 і SeTe) і на основі сульфиду кадмію (CdS).

Органічні фотопровідні барабани не класифікують як шкідливі для навколишнього середовища і є найзручнішою на сьогоднішній день альтернативою (проте, використані OPC-барабани слід не викидати на звалище, а здавати на пункт приймання алюмінію, як вторсировину). З цієї ж причини OPC-барабани логічно застосовувати в змінних барабанах/касетах, використовуваних в різній офісній техніці виробництва Canon.

3.5. Лазерні технології друку

Домінуючими для лазерних принтерів є електрофотографічна і світлодіодна (LED, Light Emitting Diode) технології. Електрофотографічна технологія подібна тій, що застосовують у копіювальних апаратах. У світлодіодній технології як оптичний пристрій, що формує зображення, використовують світлодіоди (історично світлодіодні принтери відносять до класу лазерних). Світлодіодна технологія, як правило, застосовують у широкоформатних принтерах (до 36 дюймів). Електрофотографічну технологію використовують в настільних і офісних лазерних принтерах.

Формування зображення

Лазерні принтери формують зображення шляхом позиціонування точок на папері (растровий метод). Спочатку сторінку формують у пам'яті принтера і передають в механізм друку. Растрове представлення символів і графічних образів здійснено за управлінням контролера принтера. Кожен образ формують відповідним розташуванням точок в осередках сітки або матриці, як на шахівниці (рис. 3.56).

Растрова технологія в значній мірі відрізняється від векторної, використовуваної в пір'яних графічних пристроях. Уразі використання векторної технології зображення формують шляхом побудови ліній від однієї точки до іншої.

Принцип дії лазерних принтерів

Лазерні принтери, що набули найбільшого поширення, використовують технологію фотокопіювання, звану ще електрофотографічною, яка полягає в точному позиціонуванні точки на сторінці за допомогою зміни електричного заряду на спеціальній плівці з фотопровідного напівпровідника. Подібну технологію друку застосовують в ксероксах. Принтери фірм HP і QMS, наприклад, використовують механізм друку ксероксів фірми Canon.

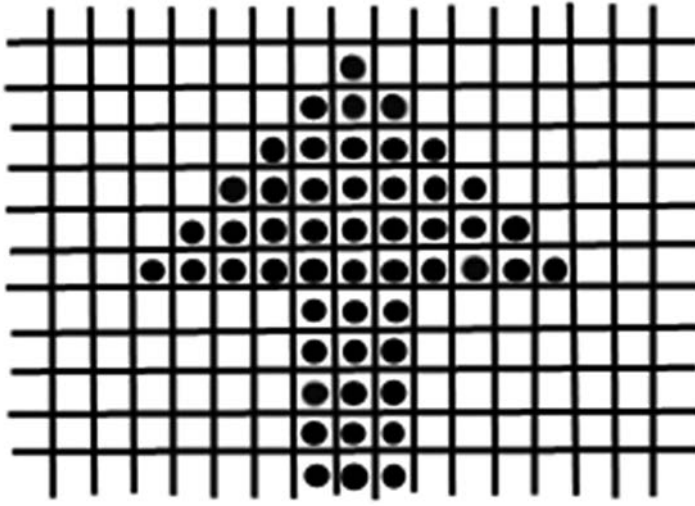


Рис. 3.56. Растровий метод формування образу

Найважливішим конструктивним елементом лазерного принтера є фото-барабан, що обертається, який переносить зображення на папір. Фото-барабаном є металевий циліндр, покритий тонкою плівкою з фотопровідного напівпровідника (зазвичай, оксид цинку). На поверхні барабана рівномірно розподіляється статичний заряд коронотрона тонким дротом або сіткою, званою дротом. На цей дріт подають високу напругу, що формує навколо нього іонізовану область, що світиться, звану короною.

Лазер, керований мікроконтролером, генерує тонкий світловий промінь, що відбивається від дзеркала, яке обертається. Швидкість обертання дзеркала дуже висока. Вона складає приблизно 7-15 тис. об./хв. Для того, щоб збільшити швидкість друку не збільшуючи швидкість дзеркала, його виконують як багатогранну призму. Цей промінь, потрапляє на фото-барабан, засвічує на ньому елементарні майданчики (точки), і в результаті фотоелектричного ефекту в цих точках змінюється електричний заряд. Для деяких типів принтерів потенціал поверхні барабана зменшено від -900 В до -200 В . Таким чином, на фото-барабані створено копію зображення, як потенційний рельєф (рис. 3.57).

Промені чорного і червоного кольору відповідають різним положенням дзеркала. У момент А дзеркало повернене під одним кутом (червоне положення дзеркала). У наступний момент часу, відповідний частоті лазера дзеркало повертається і займає чорне положення. Відбитий промінь потрапляє вже в іншу точку фоторецептора, природно в реальності існують ще додаткові дзеркала, призми і світлопроводи, що відповідають за фокусування і ставлення на-пряму світла (рис.3.58).

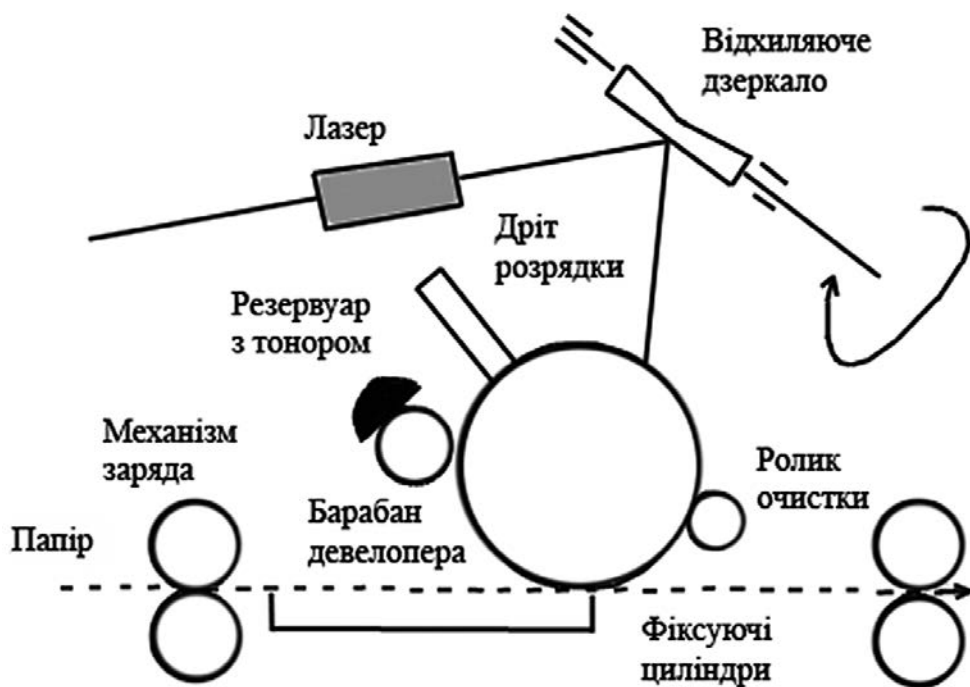


Рис. 3.57. Функціональна схема лазерного принтера

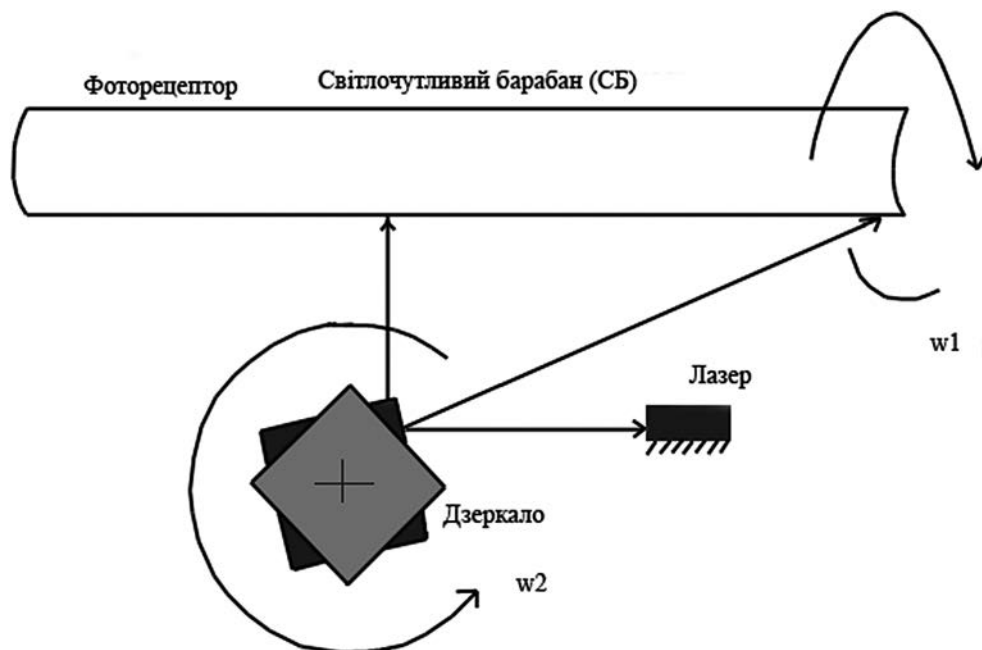


Рис. 3.58. Ілюстрація принципу дії принтера

На наступному робочому кроці іншого барабаном, – девелопером (developer), на фото-барабан наноситься тонер – найдрібніший фарбувальний пил. Під дією статичного заряду дрібні частинки тонера легко притягуються до поверхні барабана в точках, підданих експозиції, й таким чином формують на ньому зображення (рис. 3.59).

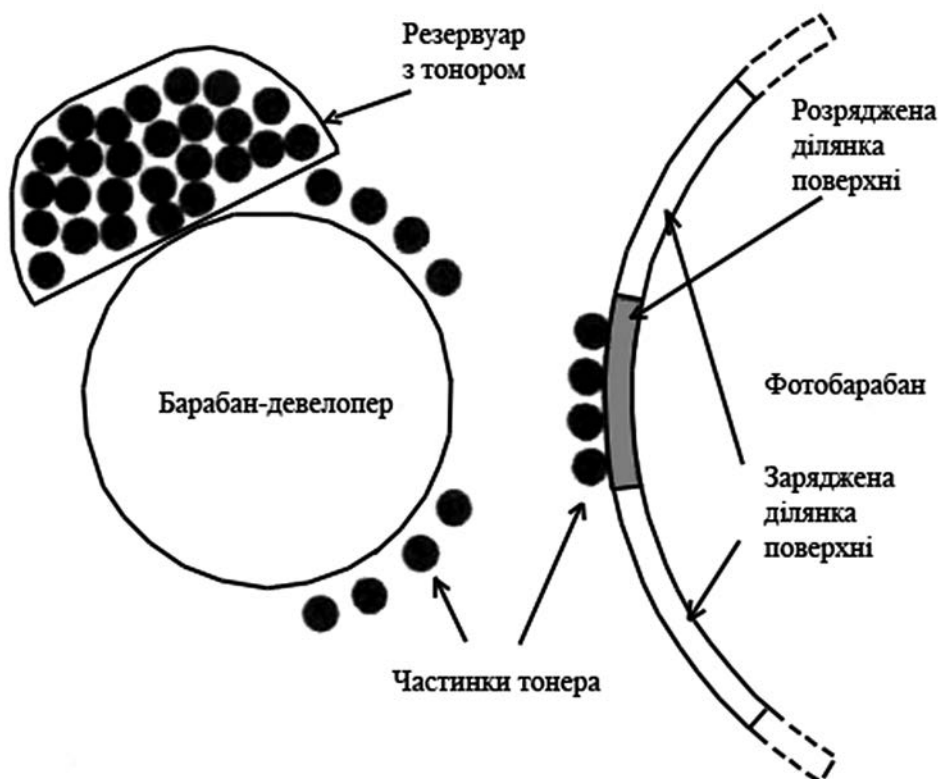


Рис. 3.59. Створення копії зображення на фотобарабані

Аркуш паперу з лотка системою валиків переміщують до барабана. Далі аркуш отримує статичний заряд, протилежний за знаком заряду засвічених точок на барабані. При зіткненні паперу з барабаном частинки тонера з барабана переносяться (притягуються) на папір.

Для фіксації тонера на папері листу знов надають заряд і його пропускають між двома роликками, що нагрівають його до температури $180^{\circ} - 200^{\circ}\text{C}$. Після власне процесу друку барабан повністю розряджають, очищають від прилиплих частинок тонера і він готовий для нового циклу друку.

У світлодіодному принтері для засвічування барабана замість лазерного променя, керованого системою дзеркал, використовують нерухомий світлоді-

одний рядок (лінійка), яку складено з 2500 світлодіодів, якою формовано не точка зображення, а рядок (рис. 3.60). На цьому принципі, наприклад, працюють лазерні принтери фірми OKI.

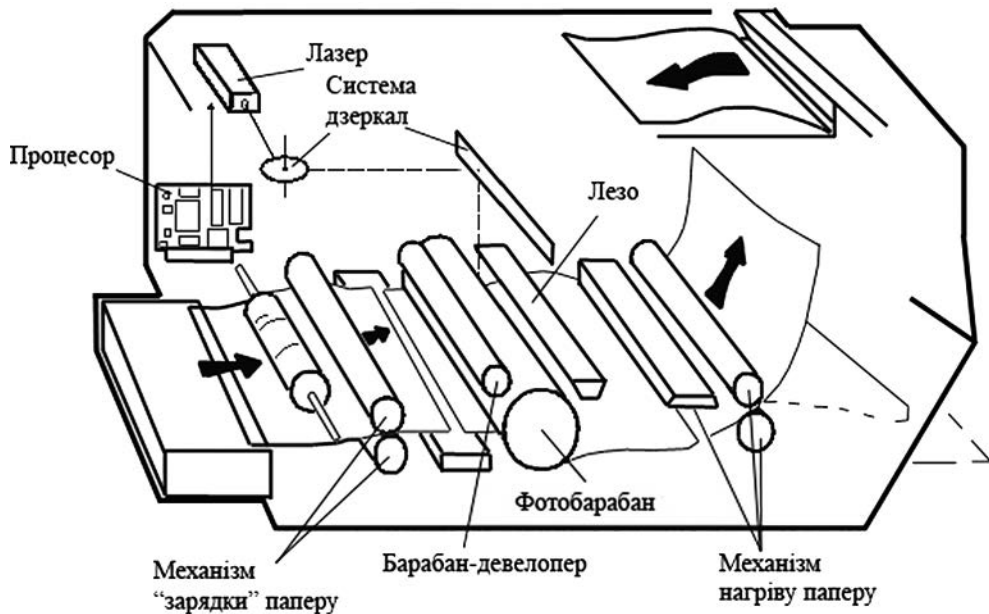


Рис. 3.60. Узагальнена схема роботи лазерного принтера

Щоб досягти необхідної точності та швидкості роботи, було знайдено просте і «вишукане» рішення – між лазером і барабаном поставили шестигранну дзеркальну обертальну призму. Промінь лазера, що потрапляє на неї, в певний момент, відбивається і падає на барабан під відповідним кутом, таким чином охоплює його поверхню, точніше, пряму лінію, що проходить поверхнею барабана паралельно його осі. Ця пряма лінія є в площині, що розтинає барабан вздовж на дві рівні частини. Умову перпендикулярності (або приблизно перпендикулярності) падіння світла на барабан визначено тим, якщо промінь лазера падатиме на барабан не строго перпендикулярно, то точка його попадання нагадуватиме не коло, а еліпс, і зображення буде спотворено.

Барабан повертається, і процес повторюється – таким чином, чергуваннями заряджених і розряджених ділянок на нім будують негативне зображення того, що повинне бути віддруковане на папері. Як фарбувальний елемент в лазерному принтері використовують тонер – сухе чорнило – дрібнозернистий порошок, що добре «пристає» на будь-яку поверхню і властивості, що мають, за нагрівання «закріплюватися». Тонер, що знаходиться у бункері картриджа,

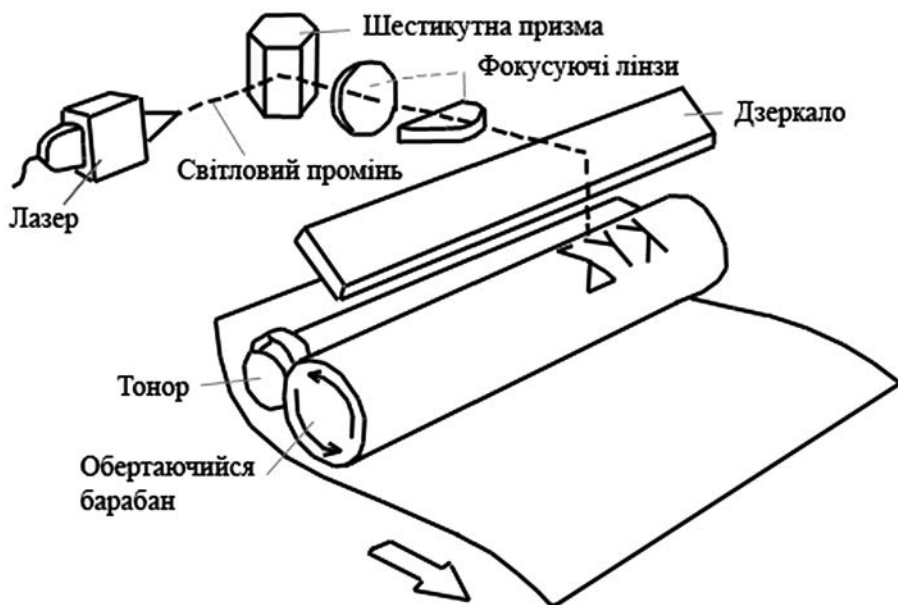


Рис. 3.61. Принцип електрографічного друку з використанням лазерного променя

також заряджений позитивно, і коли він напильюється на заряджену поверхню барабана, деякі його частинки прилипають в тих місцях, де позитивний заряд відсутній.

Далі барабан «проїжджає» негативним зарядженим папером, і відповідно із законами електростатики частинки тонера прилипають до паперу, створюючи малюнок або текст. Залишилося тільки «закріпити» тонер, для чого аркуш паперу нагрівають у невеликій «печі» до температури близько 100°C . Барабан же нейтралізують, очищають від невикористаного порошку, який потрапляє назад в бункер, і перезаряджають для наступного циклу роботи.

Лазер не є єдиною можливістю джерелом світла для лазерного принтера. Є і альтернативні системи формування зображення – наприклад, розроблена компанією OKI система з нерухомою лінійкою світлодіодів, розташованих прямо над фоточутливим барабаном. Така конструкція дозволила одночасно досягти декількох цілей. Це підвищило якість друку окремих букв, порівняну з друком на класичному лазерному принтері. Якщо подивитися на шлях, що проходить лазерний промінь від призми до барабана при друці лінійки точок, то стає видно, що перпендикулярно барабану він падає тільки одного разу, а решту всього часу він падає під кутом, який залежно від конструкції доходить до 60°C . За такого значення кута змінюється розмір світлової «плями», що залишається на поверхні фото-барабана, – воно нагадує еліпс, а від цього, у свою чергу, залежить якість «точки», що залишається на папері, з яких складено зображення.

За світлодіодній технології лінійка випромінювачів розташована строго перпендикулярно фото-барабану в безпосередній близькості від нього, і є нерухомою, що забезпечує практично ідеально круглу точку, шлях світлового потоку є коротшим, що зменшує кількість втрат. У результаті поліпшується чіткість букв, особливо дрібного шрифту.

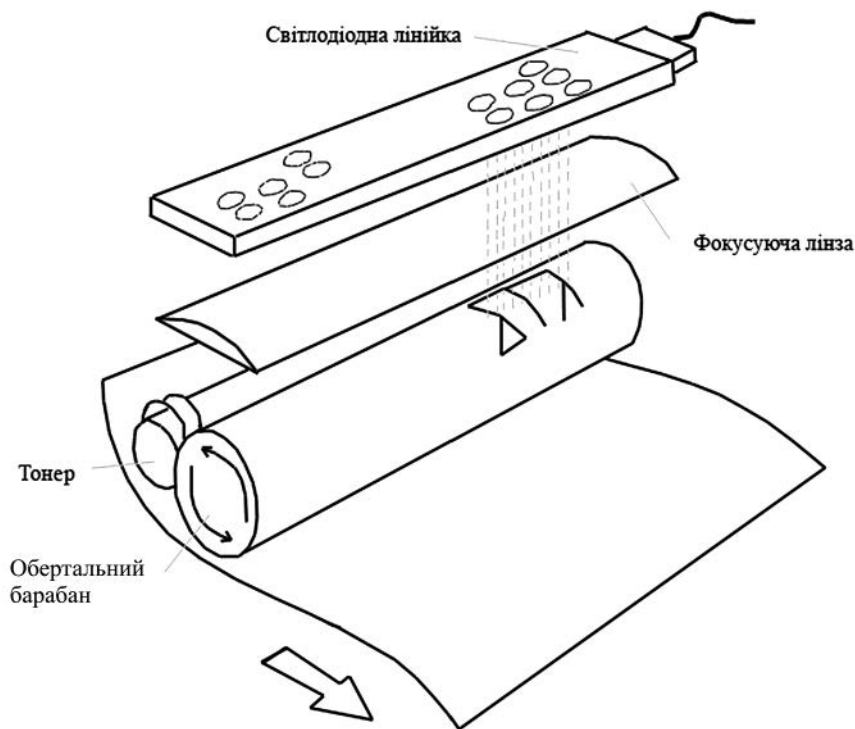


Рис. 3.62. Принцип електрографічного друку з використанням світлодіодної лінійки

Також скорочено кількість частин, що обертаються, і дорогих компонентів оптики для точного підстроювання освітлення, таким чином принтер є менш схильний до вібрацій, а конструкцію в цілому здешевлено. Недоліки такого технічного розв'язку – в трудомісткості виготовлення лінійки світлодіодів. Для того, щоб відпрацювати технологію їх виготовлення, потрібно час. На сьогодні помітних успіхів у розробці світлодіодних лінійок досягла фірма OKI, яка пропонує на ринку свій варіант лазерного принтера.

Основне робоче тіло в лазерному друці – тонер. Як і сучасний пральний порошок, він є не просто розсипом частинок, а високотехнологічний і вельми наукомісткий продукт. Якщо подивитися на нього через мікроскоп, можна побачити, що високоякісний тонер складено з практично ідеально кулястих часток однакового розміру (рис. 3.63).

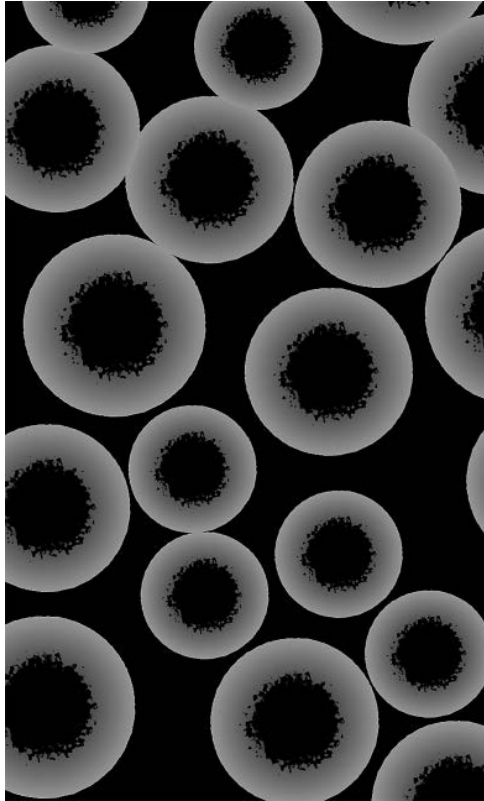


Рис. 3.63. Частинки тонера під мікроскопом

Це – суміші полімеру (рідше – з гуми) з матеріалом, що має магнітні властивості, та – фарбника. Формулу фарбника, природно, всіляко захищає фірма-виробник як комерційну таємницю. Всі частинки тонера повинні відповідати однаковим вимогам щодо магнітних властивостей, фізичних розмірів і фарбувальних властивостей, інакше чорний колір не буде однорідним.

Існують різні технології виробництва тонера. Традиційним вважають роздроблений тонер, де кожна частинка – неправильної форми шматочок, отриманий шляхом руйнування твердого матеріалу. Але є і інші види тонерів, наприклад, гранульований, де кожна частинка є кулькою. Розміри кульок можуть варіюватися, але в основному їх діаметри близькі.

Особливості конструкції

Після «затвердження» лазерних принтерів на ринку серед виробників почалася боротьба за швидкість і якість друку. Для цього слід було досягти швидшої «прокрутки» паперу через принтер, а також поліпшити його розрізнення. Перше завдання було розв'язано підвищенням продуктивності центрального процесора принтера, що формує зображення і що надає лазеру керувальні ім-

пульси, а також новим, швидшим механізмом подавання паперу в тандемі з потужнішим нагрівальним елементом. А для розв'язку другого завдання існувало декілька способів рішення: або збільшити точність обертання призми, або розробити механізм з поворотною призмою, що переміщують у вертикальній площині, що удвічі підвищує розрізнення принтера. (Це і було успішно виконано

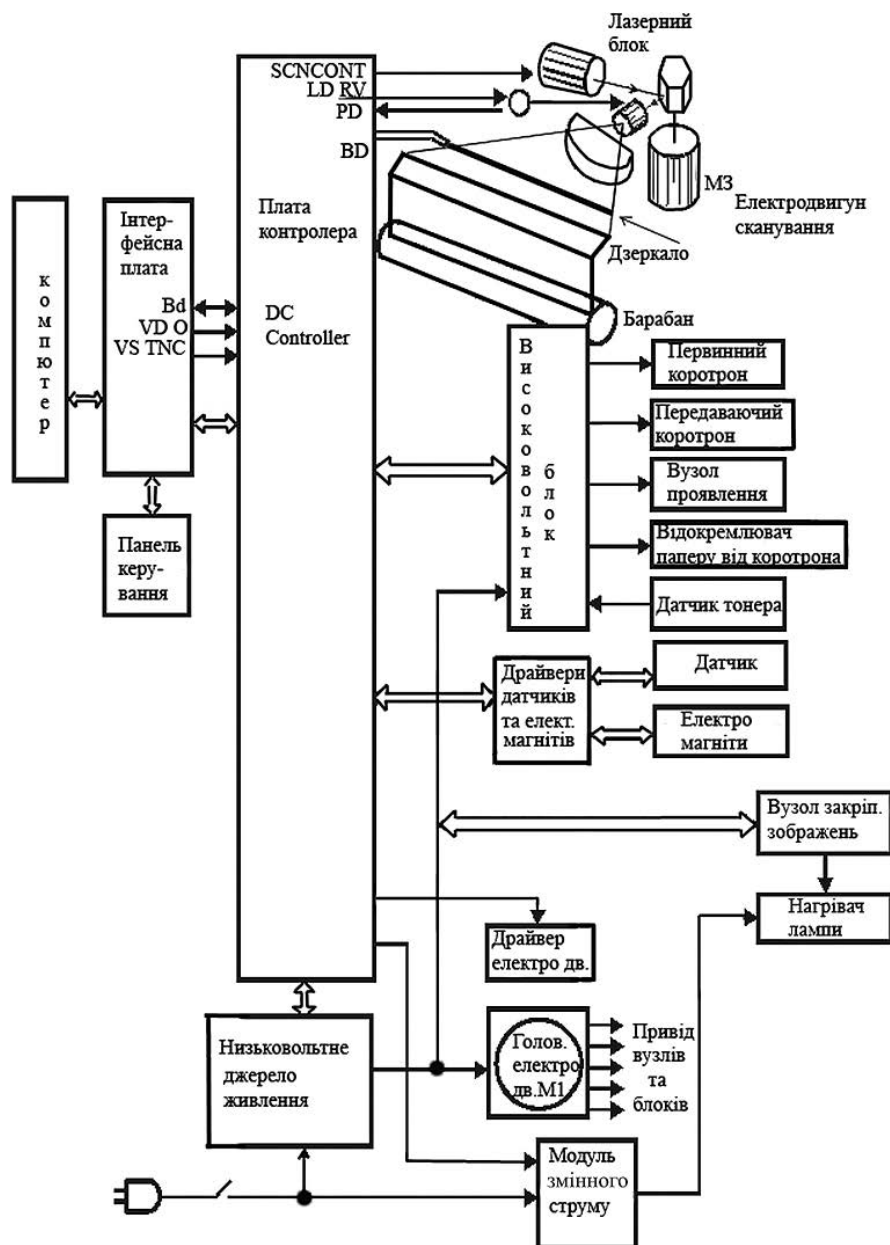


Рис. 3.64. Блок-схема лазерного принтера

фірмою Lexmark). Також багато розробників «грали» з потужністю лазерного променя – із зменшенням потужності зменшувалася і «точка», що залишається їм на фото-барабані, а отже, в певних межах збільшувалася розрізнення.

Поява на ринку кольорових лазерних принтерів зумовлена законами ринку заздалегідь. З конструкцією кольорових друкувальних пристроїв все спочатку вирішили просто – повно-колірний лазерний принтер скомпонували з чотирьох механізмів звичайних монохромних принтерів. Як система колірного розподілу була вибрана система СМΥК, тобто, крім чорного картриджа, додають три кольорових – блакитний (Cyan), пурпурний (Magenta) і жовтий (Yellow), а також ще три фото-барабани і лазери з призмами (а в світлодіодних принтерах – три фото-барабани і три світлодіодні лінійки). На протягуваний лист паперу послідовно наносилися шари кольорового тонера, які остаточно перетворювалися на кольорове зображення у «печі». Одним з головних недоліків даної

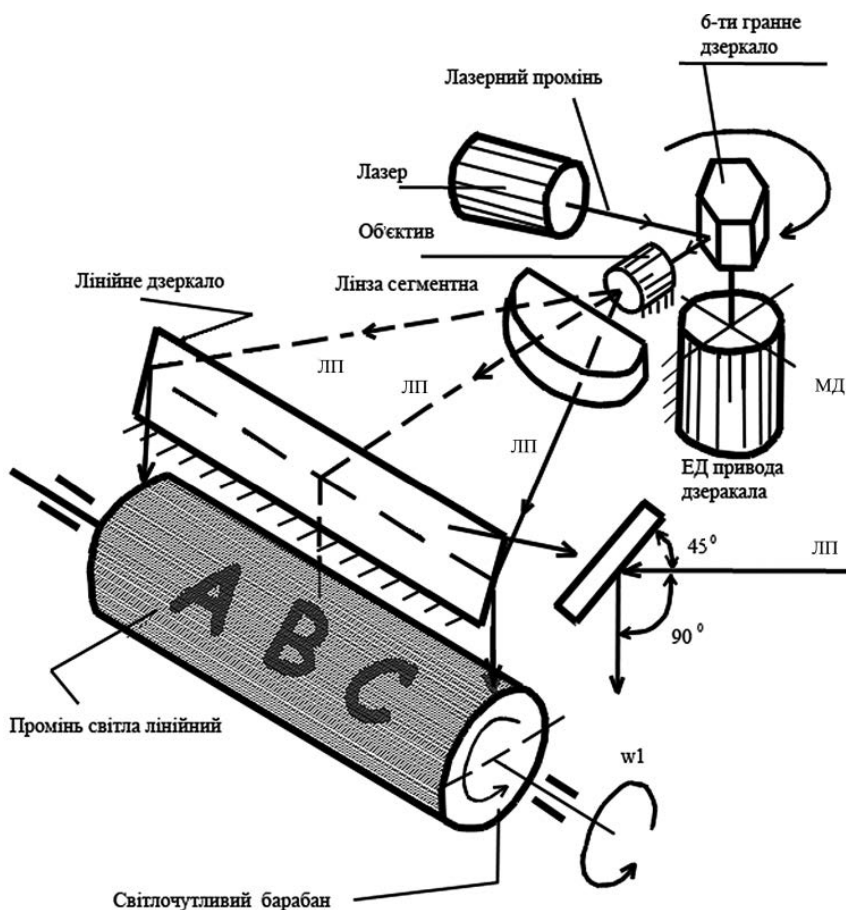


Рис. 3.65. Оптико-кінематична схема лазерного принтера

МД – механізм дзеркала; МП – лазерний промінь

конструкції є ціна пристрою, що не дивно, адже половина деталей в ній дубльоване чотири рази, а барабани виконано за точнішою технологією – оскільки кожен з них друкував тільки частину зображення. Була потрібна практично повна їх ідентичність і повна збалансованість у спільній роботі. Тому поява комбінованої конструкції не змусила себе довго чекати. У новинці залишили один фото-барабан, а папір протягувався через нього чотири рази – по одному разу для роботи кожного картриджа. Це було дешевше, але також не саме краще рішення – механізму потрібна дуже висока точність позиціонування.

Багато принтерів мають два тракти подавання паперу: прямий (рис. 3.66, *а*) і зворотний (рис. 3.66, *б*) і, відповідно, два лотки для паперу – вгорі і унизу. Прямий тракт подачі паперу забезпечує вищу надійність протяжки щільного паперу і стійкий до її змінання. Наприклад, у лазерному принтері HP LaserJet 5P нижній лоток призначено для паперу щільністю 50-80 г/м², а верхній (прямий тракт) – до 150 г/м².

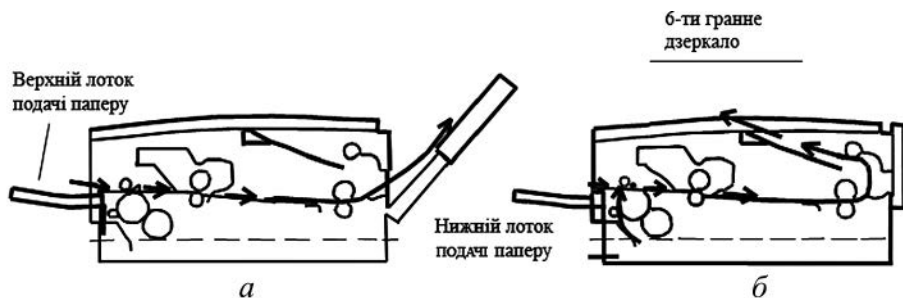


Рис. 3.66. Схема подавання паперу в лазерному принтері HP LaserJet 5P:
а – прямий тракт подавання паперу; *б* – зворотний тракт подавання паперу

Швидкість друку

Швидкість друку лазерного принтера вимірюють кількістю сторінок, що роздруковує принтер за хвилину. Природно, вона залежить від складності роздрукованого файлу (кількість шрифтів, наявність растрової або векторної графіки тощо). У технічних характеристиках принтера, наведених у журналах і рекламних буклетах, є дані швидкості друку «чистого тексту».

Швидкість друку лазерного принтера в, основному, визначають:

- об'ємом встановленої пам'яті принтера;
- використанням інтерфейсом;
- типом процесора;
- мовою принтера;
- кількістю вбудованих шрифтів.

Пам'ять

На відміну від матричних і струменевих принтерів, лазерний принтер будує растровий образ цілої сторінки, що, природно, пов'язано з великою кількістю обчислень.

Як було вже зазначено, друковану сторінку створено з безлічі точок, відповідних тексту (знакам) і графічним зображенням. Цей образ сторінки створює процесор у пам'яті принтера як двовимірний масив, що складено з нулів і одиниць.

Неважко підрахувати, скільки точок потрібно для створення зображення з розрізненням 600х600 dpi на повний лист формату A4, який має розміри 210х297 мм, а з урахуванням «неробочих полів» – 200х287 мм. За розрізнення 600 dpi в одному міліметрі розміщено $600/25,4 \approx 24$ точки. Все зображення складено з $(200 \times 24) \times (287 \times 24) = 3,3 \times 10^7$ точок. Оскільки кожен пункт визначає один біт, то для друку такої сторінки потрібно близько 3,9 Мбайт пам'яті. За розрізнення 1200х1200 dpi на сторінці формату A4 налічується більше 130 мільйонів точок.

Об'єм пам'яті принтера повинен відповідати об'єму двовимірного масиву образу, призначеного для друку.

Об'єм пам'яті лазерного принтера, що дорівнює 1 Мбайт, є мінімальним, за якого можливий друк. Брак пам'яті може призвести до того, що принтер надасть повідомлення про помилку, або надрукує повністю текст сторінки, а графічне зображення цілком або частково не роздрукує. Останнє стосується лазерних принтерів HP LaserJet. Річ у тому, що драйвери цих моделей працюють таким чином, що спочатку надсилають у принтер весь текст, що містить документ, а потім графічні зображення. За обробленням драйвером графічного зображення вся сторінка ділиться на «смужки» шириною один дюйм, сторінки, що починаються з верхнього краю і закінчуються на нижньому краю («смужки» можуть бути і горизонтальними залежно від типу драйвера). Драйвер посилає «смужки» послідовно і, якщо пам'ять принтера обмежена, для частини графічної інформації місця не достатньо і, отже, не роздруковується. Драйвер PostScript не сприймає відмінності між текстом і графікою та передає цілу сторінку.

Якщо необхідно друкувати матеріали настільної видавничої діяльності, то для вибору принтера необхідно переконатися у достатній ємності його пам'яті. Для оброблення більшості графічних сторінок із розрізненням 600 dpi необхідно пам'ять не менше 4 Мбайт. Принтери із розрізненням 1200 dpi забезпечують якість друку, близьку до друкарського. Проте, можливість друку з розрізненням 1200 dpi є зайвою для друкування тільки тексти та/або електронні таблиці.

Виробники принтерів досягли підвищення роздільної здатності друку без збільшення об'єму пам'яті шляхом впровадження технології «стиснення». Тепер для оброблення цілої сторінки з розрізненням 600 dpi процесору принтера достатньо пам'яті лише 2 Мбайт. Проте, при цьому відповідно знижується

продуктивність. Тому, якщо важливою є швидкість друку, не слід економити на обсязі пам'яті.

Лазерний принтер може бути обладнаний додатковою пам'яттю. Зазвичай, в нього встановлюють спеціальні карти з DRAM або SIMM-модулями. Деякі принтери (наприклад, принтер Lexmark Optra Lx і ін.) мають можливість розширення пам'яті стандартними SIMM – модулями (як правило, 72-контактними), що дуже зручно.



Рис. 3.67. Кольоровий лазерний принтер

Схему конструкції кольорового лазерного принтера показано на рис. 3.68. Як видно з рисунку, кольоровий лазерний принтер аналогічний до чорно-білого.

Для друку за один прохід паперу використовують гнучку світлочутливу стрічку, покриту шаром селену, і стрічку перенесення, на якій формують зображення для всіх чотирьох кольорів.

Зображення, сформоване на стрічці перенесення, передають на папір і закріплюють нагріванням.

3.6. Кіно-телевізійна техніка реєстрації зображень

Мистецтво кіно і телебачення народжене творчою думкою учених, інженерів і творчих працівників. Воно доступне для масового глядача і сприяє підвищенню його культурного рівня. Подальше вдосконалення технічних і образотворчих засобів цих мистецтв дозволяє відзеркалити пізнання навколишнього світу.

У кіно застосовують оптико-механічну систему з хімічною фіксацією зображення на кіноплівку. У телебаченні інформацію про зображення фіксують електромагнітним способом на магнітну відеострічку – процес відеозапису. Винахід відеозапису зближує ці галузі.

Кіно-телевізійна техніка з'явилася в процесі застосування телевізійних засобів для зйомки і виробництва кінофільмів, що дозволило простіше і опе-

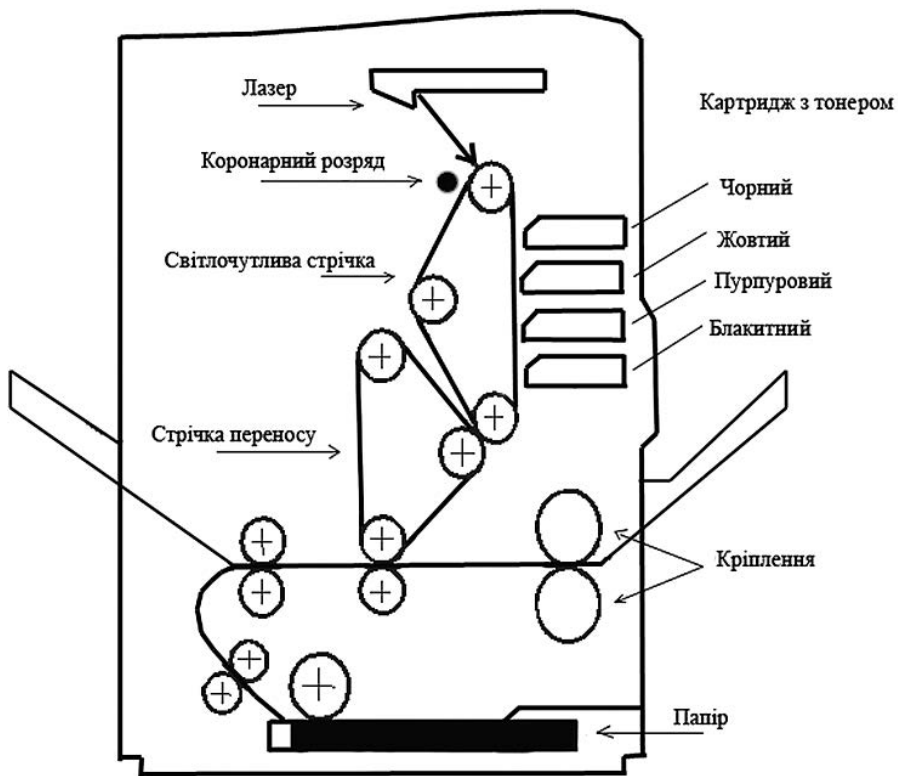


Рис. 3.68. Схема пристрою кольорового лазерного принтера

ративно, з меншими витратами часу і праці розв'язати проблеми підвищення ефективності знімального процесу, збільшення оперативності акторських кінопроб, прискорення режисерського монтажу фільму, поліпшення якості фільмокопій в процесі друку, отримання різного роду комбінованих зображень і спеціальних ефектів.

Ефективність застосування телевізійних засобів в кінематографії обумовлена такими їх перевагами:

- 1) телевізійні камери мають високу чутливість, відносно малі габаритні розміри і масу (об'єм до 1 дм³, маса до 0,5 кг), безшумні в роботі;
- 2) телевізійне зображення можна відтворити одночасно на екрані декількох відеоконтрольних пристроїв (ВКП), що створює можливість контролю процесу зйомки і додаткові зручності для роботи творчої групи;
- 3) телевізійний сигнал засобами електромагнітного відеозапису можна записати і оперативно відтворити на телеекрані;
- 4) можна проводити електронний монтаж записаних на магнітну відео стрічку фільмових матеріалів з використанням засобів відеозапису;
- 5) комбіновані зображення можна отримувати шляхом перемикування (ко-

мутації) і суміщення (мікшування) телевізійних сигналів та здійснювати спеціальні ефекти, які кінематографічними методами отримати складно та інколи неможливо.

Тенденція розвитку кіно-телевізійної техніки показує, що технологія фільмовиробництва поступово змінюється і переходить до технології випуску фільмів без фотографічних носіїв (кіноплівки) і їх складного хімічного оброблення, тобто приходить до електронного кінематографа. Лише на останній стадії фільм може бути записано на фотографічний носій.

Наведемо основні проблеми переходу від оптико-механічного кінематографа до повного електронного забезпечення.

1. Необхідність розв'язку сумісності частоти кінозйомки 24 кадр/с (24 Гц) з частотою 25 Гц відеосигналу

2. Необхідність розроблення кольорової кіно-телевізійної системи з високою чіткістю і пристроями відеозапису широкосмугового (більше 6,5 МГц) телевізійного сигналу.

3. Необхідність розроблення простих методів телевізійної проєкції на великий екран зображення, переданого електричними каналами зв'язку в кінотеатри з центральної апаратної для переходу до системи повного електронного кінематографа

4. Необхідність створення високоефективної апаратури і технології електронного монтажу фільмів і автоматизації цього процесу.

5. Необхідність розроблення високоякісної апаратури для переведення відеофільмів з магнітної відеострічки на кіноплівку.

6. Необхідність дослідження ефективності застосування цифрових методів передавання зображення і звуку в електронному кінематографі.

Слід зазначити, що поява електронного кінематографа не означає відмирання традиційного оптико-механічного кінематографа на фотографічний носій інформації.

У кіно-телевізійній системі в процесі перетворення «світло – сигнал», «сигнал – сигнал» і «сигнал – світло» послідовно з фотоелектричним і електричним перетворенням сигналів входять фотохімічні або хімічні перетворення сигналу під час експонування, проявлення і друкування кіноплівки. Під час оброблення електричних сигналів необхідно враховувати і узгоджувати характеристики фотохімічних або хімічних перетворень, а у деяких випадках моделювати хімічні перетворення сигналів електричними методами.

Розглянемо для прикладу зйомку фільмів електронним методом (рис. 3.69). Оптичне зображення, що сформовано оптичною системою, перетворено у телевізійній камері у відеосигнал. Далі виконують оброблення відеосигналу і його запис на магнітну стрічку – перетворення «світло – сигнал».

Для електронного монтажу відеофільму виконують перезапис відеосигналів з одного відеомагнітофона на інший. Змонтований відеофільм записувальним пристроєм переносять з магнітної стрічки на кіноплівку поелементним експонуванням fotocутливого шару негативної кіноплівки. Синхронізація

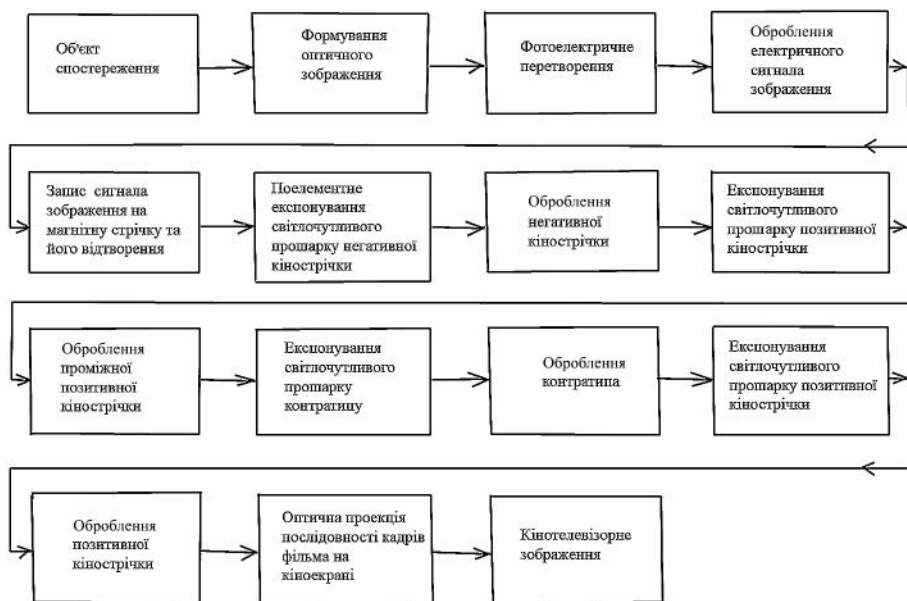


Рис. 3.69. Кінотелевізійна система

розгортаючих пристроїв телевізійної камери, відеомагнітофона і записувального пристрою, а також всіх відеоконтрольних пристроїв здійснюють від єдиного синхрогенератора. Далі можна проводити стадії оброблення, аналогічні наявним у кінематографічній системі.

Таким чином, у процесі перетворення «сигнал – сигнал» є перетворення не тільки електричного сигналу, але і сигналу, носієм якого є фотоемульсійний шар кіноплівки. Перетворення «сигнал – світло» здійснюють оптичною проекцією послідовності кадрів фільму на екран. Сигнал проходить через велику кількість ланок є підданий різним перетворенням. Тому основна проблема для впровадження і ефективного використання кіно-телевізійної системи зйомки фільмів є – отримання контрасти, зображення в якому відповідатиме або перевершуватиме якість зображення в контрастипі, що отримують звичайним способом.

Класифікація телевізійних систем

Кіно-телевізійні системи й пристрої можна розподілити на шість груп.

1. Системи для зйомки фільмів. До цієї групи віднесені системи й пристрої, які застосовують в процесі зйомки фільмів і підвищують ефективність знімального процесу. Одними з перших були телевізійні візери. На той час застосовували чорно-білі телевізійні візери. Зйомка кольорових кінофільмів обумовлює необхідність застосування кольорових телевізійних візирів.

Розроблено системи багатокамерної зйомки, у яких можна дистанційно керувати знімальним процесом.

Кольорові й чорно-білі телевізійні системи з відеозаписом використовують для проведення акторських проб. Знімати документальні та телевізійні фільми можна електронним методом телевізійною камерою із записом сигналів на магнітну стрічку або флеш-пам'ять.

2. Системи відеозапису й електронного монтажу фільмів. Найбільше поширення набув відеозапис на магнітну стрічку й на диск. Магнітний відеозапис дає можливість режисерові проводити монтаж електронним способом. Електронне устаткування містить ЕОМ, що управляє і спеціалізовані пульти електронного монтажу, які працюють із одним або декількома відеоманіпуляторами.

3. Системи телекінопроекції. Призначено для демонстрації кінофільмів у телевізійній системі. За методом перетворення оптичного зображення у відеосигнал їх розподіляють на системи телекінопроекції із рухомих променем, системи на трубах з накопиченням зарядів і системи на приладах із зарядовим зв'язком. У системах із рухомих променем, і на ПЗЗ використовують стрічкопротяжний механізм із безперервним рухом кіноплівки. Переривчастий рух кіноплівки застосовують у системах на трубах з накопиченням зарядів.

4. Технологічні кіно-телевізійні системи. Це – кольорові аналізатори для визначення експозиційних умов друку кіноплівок, копіювальні апарати поелементного друку, телевізійні фільмомонтажні столи для синхронного монтажу сигналів звукового супроводу із зображенням, телевізійні пристрої друку комбінованого кінокадру. Їх застосовують для прискорення виробництва й поліпшення якості фільмів.

5. Кіно-телевізійні системи для запису зображень на кіноплівку. Застосовують під час виробництва кінофільмів електронним способом для копіювання змонтованого відеофільму з магнітної стрічки на кіноплівку. За способом запису їх розподіляють на пристрої із записом з екрана кінескопа, електронним променем у вакуумі й лазерному промені. Тиражування й проекцію кінофільмів у цьому випадку проводять кінематографічним способом.

6. Системи проекції телевізійного зображення на великий екран. Фіксація відеофільму на магнітній стрічці дає можливість здійснювати його електронну проекцію на великий екран телевізійним способом без використання фотографічного носія. Ці системи розподіляють на пристрої із проекційними кінескопами, світлоклапанні і лазерні. Створення високоякісних проекційних пристроїв відтворення зображення необхідно для театрального електронного кінематографа.

Процес впровадження електронних методів у кіновиробництво триває в різних напрямках. Він призводить до прискорення випуску фільмів, автоматизації трудомістких ручних операцій, дає творчим працівникам нові можливості для розкриття й представлення на екрані всього різноманіття навколишнього світу.

Широко застосовують в процесі зйомки телевізійне візування з контрольним відеозаписом. Його здійснюють шляхом контролю репетицій і зображення, що знімають.

Подальше удосконалювання параметрів кольорових телевізійних камер, збільшення їхньої світлочутливості, зменшення маси й габаритів дають можливість застосувати кольорове телевізійне візитування для зйомки фільмів на кольорову кіноплівку.

Магнітний запис фрагментів фільму дає можливість удосконалити монтажно-тонувальний процес на основі електронного монтажу відеофільму. Фрагменти монтують за допомогою системи кодування. Монтаж відеофільму здійснюють спеціальними пристроями, які побудовано з використанням керувальних ЕОМ. Зображення й фонограми можна монтувати окремо й спільно. Режисер-монтажер переглядає фрагменти й складає паспорт фільму, за яким монтаж відеофільму може бути здійснено автоматично. Після перегляду й корекції відеофільму складають остаточний монтажний паспорт, за яким компонують (склеюють) негатив кінофільму.

Електронний монтаж скорочує терміни зйомки й підвищує ефективність процесу виробництва фільмів. Такий монтаж використовують під час паралельній роботі кінознімальної й телевізійної камер, причому телевізійне зображення є допоміжним.

Всі розроблені кіно-телевізійні системи базовано на традиційному технологічному процесі виробництва кінофільмів з фіксацією зображення оптико-механічним способом на кіноплівку. Це обумовлено тим, що якість зображення сучасних кольорових мовленнєвих телевізійних стандартів не відповідають вимогам театрального кінематографа.

Запис телевізійних сигналів зображення на кіноплівку

Стисла характеристика способів запису

Більшість сучасних способів запису телевізійних сигналів зображення на кіноплівку можна розділити на три основні групи: способи запису з використанням кінескопів, запис електронним променем у вакуумі й запис за допомогою оптичних квантових генераторів – лазерів.

Перший з зазначених напрямків розвивають вже давно і він охоплює найбільш прості й поширені способи: безпосередню зйомку з екрана кольорового масочного кінескопа; зйомку сполученого зображення з екранів трьох монохроматичних (червоного, зеленого і синього) кінескопів; послідовну зйомку кольорово розділених зображень із чорно-білого кінескопа на роздільні чорно-білі негативи й друк сполученої кольорової копії. Існує ряд різновидів цих способів, що відрізняються, наприклад, за принципами роботи механізму транспортування плівки або варіантами використання післясвітіння кінескопів. Треба, однак, зазначити, що за суб'єктивним сприйняттям якість зображення, що отримано із записів, які виконано із застосуванням кінескопів, за основними показниками – розрізненням, передаванням кольору, зашумлення – більш низька, ніж забезпечуване традиційним кінематографічним процесом.

У системах запису електронним променем у вакуумі досягнуто кращі результати. Цей спосіб відрізняється високою енергетичною ефективністю, що дозволяє використовувати малочутливі дрібнозернисті фотографічні матеріали, це у свою чергу дає можливість підвищувати роздільну здатність системи. Проте такий спосіб не дозволяє виконувати безпосередній запис на кольорові багатошарові плівки та він є складний в обслуговуванні.

Широкі можливості існують у способі, який засновано на використанні лазерів для запису телевізійного зображення. У його основі – експонування кольорової багатошарової кіноплівки сполученим променем, отриманим від лазерів – джерел когерентного випромінювання трьох основних кольорів. Висока монохроматичність, узгодження спектральних характеристик випромінювання лазерів і чутливості емульсійних шарів кольорової кіноплівки, більша енергетична ефективність експонування забезпечують одержання високих якісних показників зображення.

Для кіно-телевізійних систем запису зображень на кіноплівку технологічна схема виробництва фільму залежно від його призначення може варіюватися за кількістю ланок від найпростішого варіанта «негативне телевізійне зображення – позитивний процес» до найбільш складного, близького до традиційного кінематографічного процесу: «позитивне телевізійне зображення – негативний процес – проміжний позитивний процес – контратипування – позитивний процес масової фільмокопії». Найбільш типовий варіант технологічної схеми в цей час має вигляд: «позитивне телевізійне зображення – негативний процес (контратипування) – позитивний процес обмеженої кількості фільмокопій». Виключення із процесу виробництва фільму проміжних стадій забезпечує підвищення якості кінцевого зображення, а необхідний тираж фільмокопій може бути отримано за збільшення кількості негативів, записаних повторно з магнітної стрічки – проміжного носія інформації.

Особлива риса кіно-телевізійних способів запису фільмів – можливість корегувати електричні сигнали, що надходять на входи модулаторів записувальних пристроїв. Слід зазначити, що вже в телевізійній камері, що містить перші ланки системи, принципово можливо реалізувати різні криві спектральної чутливості трьох фотоприймачів, у тому числі криві додавання колориметричних систем, заснованих як на реальних, так і на штучних кольорах.

Далі, у тракті формування напруг, що управляють модулаторами світлових (електронних) променів, відеосигнали телевізійних камер можуть бути піддані нелінійним перетворенням і матрицюванню з метою корекції кольорових розподільних спотворень, апертурної корекції для підвищення властивостей різкості зображення й протишумової корекції. Крім того, спектр випромінювання трьох джерел основних кольорів, що здійснюють експонування кольорової плівки, може бути підібраний так, що керування експозицією окремих шарів стане практично незалежним (особливо за використання лазерів на барвниках з перебудовою довжини хвилі випромінюваного світла).

Таким чином, для запису телевізійних сигналів зображення на кіноплівку в окремих випадках за параметрами кольорового відтворення можуть бути реалізовані кращі умови, ніж існуючі на фотографічній стадії звичайного кінематографічного процесу. Що стосується таких характеристик, як пропускна спроможність, відношення сигнал/шум, то за застосування стандарту телерадіомовлення й типових перетворювачів «світло – сигнал» навіть із корегуванням телевізійного сигналу практично не можливо одержати показники, що досягають у звичайній кінематографічній системі.

Відзначимо, що в тракті сигналу записуваного зображення звичайної кінематографічної системи є лише дві ланки «об'єктив – плівка». Однак і ці елементи, загальні для всіх систем запису зображень, вносять істотні спотворення. Так, одна з найважливіших характеристик – функція передавання контрасту від просторової частоти частотне-контрастної характеристики (ЧКХ) – як для об'єктивів, так і для плівок безупинно падає із зростанням частоти. Наприклад, типовий кінознімальний об'єктив ОКС 1-50-1 на просторовій частоті 18 мм^{-1} (відповідній граничній частоті телевізійного сигналу) у сагітальному перетині в центрі поля ($y'=0$) має коефіцієнт передачі контрасту не більше 0,84, на краю поля ($y' = 13,6 \text{ мм}$) – не більше 0,76. Коефіцієнт передавання контрасту кольорової багатошарової негативної плівки типу Л 11-7 на цій же частоті для верхнього (чутливого до синьо) шару має значення 0,55-0,6.

Отже, за використання зазначеного об'єктива й плівки ордината Частотне-Контрастної Характеристики системи «об'єктив – плівка» на граничній частоті телевізійного сигналу, визначена як $T_{(v)} = T_{об(v)} T_{пл(v)}$ не може перевищити значень $T_{(v)} = 0,84 \cdot 0,6 = 0,5$ для центра кадру и $T_{(v)} = 0,76 \cdot 0,6 = 0,45$ для периферійних ділянок. Зображення в нижніх шарах характеризують значною розпливчастістю, тобто меншою величиною коефіцієнта передавання контрасту дрібних деталей.

Близькі значення цього параметра для ланок «об'єктив – плівка» існують і в системах запису телевізійних сигналів зображення на кіноплівку. Однак у зв'язку з тим, що «об'єктив» містить повну оптичну (або електронно-оптичну) систему, що формує пишучу пляму в площині шару фотоплівки, у більшості випадків складається з ряду об'єктивів, дзеркал, призм, електро- або акусто-оптичних модуляторів, дефлекторів тощо, тобто результуюча ЧКХ без корекції має гірші значення.

Показане зниження контрасту високочастотних складників зображення тільки у двох кільцях системи запису свідчить про те, що загальний спад ЧКХ, особливо у разі багатоступінчастого технологічного циклу виробництва кольорових фільмів, може досягати більших значень.

Можливості сучасних кіно-телевізійних систем щодо корекції цих спотворень обмежені. Ланки «об'єктив – перетворювач», «світло – сигнал» створюють у вхідній частині спектру кіно-телевізійної системи спотворення, за величиною подібні зазначеним вище. Ці спотворення у значній мірі корегують спеціальними пристроями електричного тракту. Однак при цьому виникають спотворення інших параметрів, наприклад, погіршується відношення сигнал/

шум. Подальше збільшення високочастотної корекції з метою компенсації спотворень тракту «об'єктив – плівка» може призвести до неприпустимого зростання шумів і нелінійних спотворень. Лише останнім часом, у зв'язку зі створенням пристроїв пам'яті ємністю в один і більше кадрів, з'явилися повідомлення про розробку коректорів, що дозволяють одержати покращення відношення сигнал/шум у процесі цифрового оброблення телевізійного сигналу, внаслідок параметрів зображення, погіршення яких візуально менш помітно.

Таким чином, будь-яка сучасна система запису стандартних телевізійних сигналів зображення на кіноплівку вимагає високоякісних характеристик як власних оптико-механічних і електронних пристроїв, так і датчиків телевізійного сигналу, що забезпечувало б кінцеве зображення; яке порівнянне за якісними показниками із зображенням, і яке одержали традиційним кінематографічним шляхом.

Запис на кіноплівку з використанням кінескопів

Зйомка на кіноплівку з екрана кінескопа історично була першим способом реєстрації телевізійного зображення. Незважаючи на появу нових методів і засобів запису, у тому числі на широке поширення відеомагнітофонної техніки, апаратуру запису з використанням кінескопів продовжують розробляти й застосовувати на практиці, що пояснюється її відносною простотою й зручністю експлуатації.

Розглянемо основні різновиди цього способу.

Запис із екрана масочного кольорового кінескопа

Установка запису з екрана кольорового кінескопа з тіньовою маскою містить декодувальний пристрій, підсилювачі, що корегують кольорове розділення каналів, високоякісний кольоровий відтворювальний пристрій й кінокамери зі швидким просуванням (рухом) кадру.

Записують звичайно із позитивного зображення на кольорову багат шарову негативну 16- або 35-мм кіноплівку. З отриманого негатива друкують необхідну кількість копій. Якщо не потрібно тиражування, то запис можна виконувати на обернену кіноплівку, яка забезпечує після обробки позитивне зображення.

За складом апаратури й обслуговування даний спосіб запису найбільш простий, однак одержанню високої якості кінцевого зображення перешкоджають такі причини:

- спотворення передавання кольорів внаслідок неузгодження спектральних характеристик люмінофорів і відповідних шарів кольорових кіноплівок, а також через обмеження колірного оточення сумарної спектральної характеристики кінескопа;

- спад частотної характеристики в кінескопах з тіньовою маскою в області високих частот телевізійного сигналу, що перевищує аналогічний показник монохроматичних або чорно-білих кінескопів;

– порівняно низьке відношення сигнал/шум, що є наслідком застосування кіноплівок підвищеної чутливості, яка спричинена низькою світловою віддачею масочних кінескопів.

Окрім того пристрій, що відтворює на кольоровому кінескопі, вимагає ретельного попереднього регулювання й підтримки у заданих межах специфічних параметрів кінескопів з тіньювою маскою: зведення електронних променів, кольорного балансу, правильного передавання градацій сірих півтонів.

Використання кіноплівки шириною 35 мм для запису стандартного телевізійного сигналу спричинює серйозні труднощі в побудові механізмів її транспортування, тому що переривчасте протягування плівки на крок кадру (19 мм) необхідно робити за інтервал згасального імпульсу поля, який дорівнює 1,6 мс. Механізм переривчастого протягування при цьому повинен забезпечити малий час прискорення й уповільнення плівки. Крім того, деяка частина часу наприкінці інтервалу згасання повинна бути виділена для забезпечення її повної нерухомості (період нерухомості). Створення записувальної камери з таким механізмом стрибкоподібного транспортування, що забезпечує надійну й довговічну роботу, залишається актуальною проблемою.

У зв'язку із цим у системах запису з екрана кінескопа зазвичай, використовують камери з механізмами, що здійснюють переривчасте протягування за 3-4 мс. Для переривчастого протягування за 4 мс втрати у записаному зображенні становлять 38 рядків у верхній та нижній частинах кадру.

Слід зазначити, що навіть для переривчастого протягування за 1,6 мс через розбіжність форматів кадру в телебаченні (4:3) і кіно (11:8) відбувається втрата 17-18 рядків, якщо сполучення виконувати за збігом широких сторін кадру. Таким чином, для виконання вимоги збереження формату кінокадру окрім втрат за вертикаллю приблизно в 75 рядків виникають втрати через невикористання частини прямого ходу горизонтальної розгортки, що призводить до додаткових втрат зображення на бічних сторінках кадру.

Запис стандартного телевізійного сигналу у разі переривчастого протягування плівки шириною 16 мм може виконуватися без втрат частин зображення.

Запис із екранів триколових кінескопів

Запис за цим способом забезпечують три кінескопи з люмінофорами червоного, зеленого й синього світіння. Відеосигнал подають на декодувальний пристрій, з якого три кольороворозподілених сигнали після посилення й корекції одночасно надходять на відповідні кінескопи. За допомогою проміжних об'єктивів і дихроїчних дзеркал синє, зелене й червоне зображення сполучають в площині кадрового вікна й фотографують синхронною камерою зі швидким переривчастим протягуванням кадру на кольорову багат шарову негативну кіноплівку. Застосування плівки шириною 35 мм тут також сполучено з виникненням втрат частин зображення.

У такому пристрої запису для одержання високих показників щодо розширення велике значення має точність сполучення монохроматичних зображень. Для високоякісної оптичної системи, стабільних і високо лінійних розгортки, а також у разі ретельного юстирування вдається виконати сполучення зображень із точністю до 1/1000 їхньої ширини.

Типи кінескопів і плівку вибирають таким чином, щоб спектральні характеристики випромінювання люмінофорів відповідали спектральним характеристикам чутливості шарів кіноплівки. Однак через широкі спектральні характеристики люмінофорів, що знижують чистоту кольору, у таких пристроях запису зазвичай передбачено можливість корекції зображення в монохроматичних каналах як параметрами електричного тракту, так і кольоровими фільтрами.

Пропускна спроможність кінескопів може бути досить високою. Так, для оптимальної прискорювальної напруги й струму променя діаметр плями вдалося довести до 0,075 мм, що для довжини рядка 120 мм відповідає 1600 елементам зображення. Однак у зв'язку з використанням проміжних об'єктивів, дзеркал, і фільтрів відбуваються більші втрати контрасту дрібних деталей записуваного зображення.

Системи запису з екранів трьох кінескопів широко використовують за кордоном, особливо під час виробництва хронікально-документальних фільмів на плівці шириною 16 мм. Найбільше поширення одержали пристрої фірм «Color Video Services» (система «Videoprinting» з безперервним рухом плівки й компенсацією переміщення кадру за принципом оптичного розщеплення) і «Teledyne» (система CTR-3 зі стрибкоподібним рухом плівки, що використовує пневматичний пристрій переривчастого протягування й стабілізації кінокадру).

Система послідовного запису з одного кінескопа

До складу апаратури, що виконує запис кольорових фільмів за цим способом, зазвичай, входять: відеомагнітофон 1; декодувальний пристрій 2; блок корекції відеосигналів 3; високоякісний відтворювальний пристрій із чорно-білим кінескопом 4; синхронізована камера зі швидким переривчастим протягуванням кадру 5 (рис. 3.70, а).

Магнітний відеозапис відтворюють послідовно три рази, причому телевізійний сигнал знімають для запису із одного з трьох виходів декодувального пристрою (R, G, B) і, відповідно, червоним, зеленим і синім кольором у вихідному зображенні. Запис виконують на чорно-білу негативну кіноплівку. Кожний кольорово розділений негатив може бути відкорегований у електричному й оптичному трактах запису для одержання найкращих результатів за різкістю й передачею кольору. Далі з негативів 6 виконують друк сполученої копії фільму 7.

Наявність трьох кольорово розділених негативів забезпечує вищу якість друку за гідротипним способом, що обумовлює його переваги. Фільми, видрукувані гідротипним способом, мають тривале зберігання кольорового зображення; є можливість роздільного регулювання градаційних характеристик різних кольо-

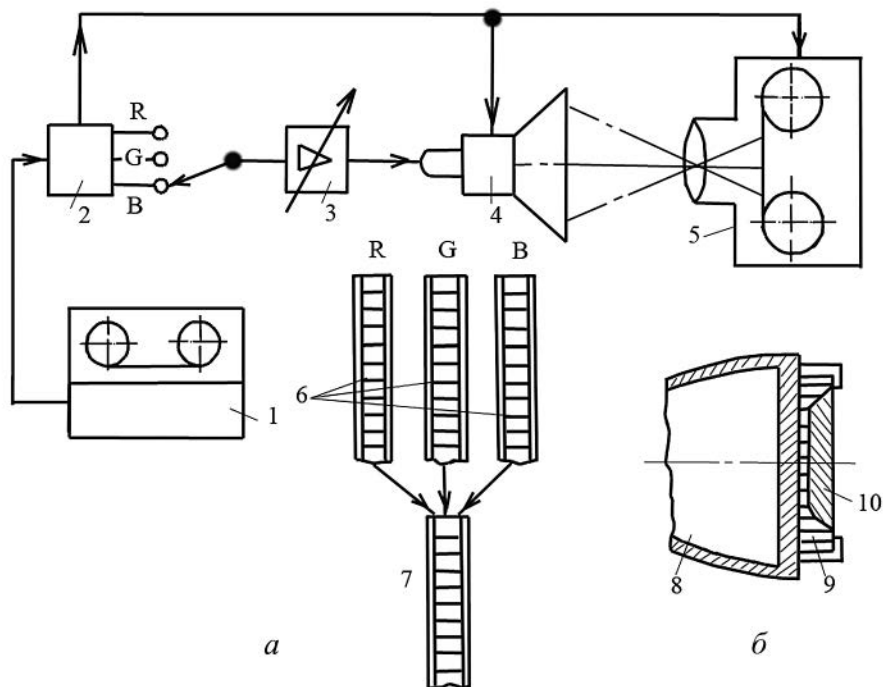


Рис. 3.70. Структурна схема системи послідовного запису:

а – кольорово розподілених сигналів на кіноплівку;

б – фільтр вирівнювання експозиції при частковому запам'ятовуванні зображення

рів у проміжному друці з негатива на матричну плівку. На стадії масового друку фільмів не використовують плівок, які містять срібло (на цій стадії витрачається близько 80% срібла, яке використовують в кінопромисловості).

До недоліків гідротипного способу друку відносять наявність додаткового етапу в процесі друку в порівнянні із записом на кольорові багат шарові плівки й необхідність застосування фотографічних матеріалів, основа яких забезпечує малу усадку.

За наявності трьох кольороводілених негативів є можливість використання їх для виробництва фільму також і на кольоровій багат шаровій плівці шляхом трикратного друку.

Запис за даним способом проводять як на 16-, так і на 35-мм кіноплівку. За використання 35-мм плівки для запису стандартного міжрядкового телевізійного сигналу кінокамерами з часом зміни кадру 3-5 мс з метою запобігання втратам частин зображення можна застосовувати принцип часткового запам'ятовування зображення. Завдяки певному (одиниці мілісекунд) післясвітінню люмінофора верхня частина растру, закрита Obturatorом під час зміни кадру, і нижня частина растру, яка не встигає повністю згаснути перед закриттям Obturatorа, експонують відповідні ділянки кадру після відкриття Obturatorа

за рахунок зображення, що частково було запам'ятовано. Для отримання еквівалентної дії післясвітіння на плівку, тобто для вирівнювання експозиції по полю, на екран кінескопа 8 накладають узгоджувальне середовище 9 і фільтри із змінним перетином або змінною щільністю 10 (рис. 3.70, б).

У разі визначення конструктивних параметрів фільтра необхідне знання оптимального співвідношення між тривалістю післясвітіння люмінофора τ і часом протягування плівки $t_{\text{пр}}$ у використовуваній камері. Обчислено, що за допустимих втрат щільності почорніння плівки порядку $\Delta D=0,06$ (з урахуванням характеристик вибраної плівки і люмінофора кінескопа) дотримується залежність $t_{\text{пр}}=0,5 \tau$.

Запис телевізійного зображення на кіноплівку за розглянутим способом застосовували в кіновиробництві Загальносоюзного телецентру ім. 50-річчя Жовтня (установка кінозапису С-971). Аналогічна апаратура, вперше розроблена фірмою «Technicolor» (система «Vidtronic»), використовувалася закордонними телецентрами.

Запис телевізійних зображень на кіноплівку електронним променем

Запис сигналів телевізійного зображення електронним променем у вакуумі відбувається безпосереднім бомбардуванням емульсійного шару кіноплівки електронами. При цьому відсутні такі проміжні елементи, як кінескопи і оптичні системи, а отже, спотворення, що спричинено ними: аберація і світлові втрати в оптиці, паразитні зазори і ореоли, зернистість і вигорання люмінофора тощо. У зв'язку з тим, що використовують енергію рухомих електронів, а не фотонів, діаметр перетину пучка в площині емульсійного шару плівки може бути вельми малим. Це дозволяє підвищити пропускну спроможність системи запису.

Електронний промінь, модульований відеосигналом, експонує фотошар плівки, на якому після відповідного оброблення створюється видиме зображення. Відсутність втрат на електронно-фотонне перетворення у люмінофорі, на розсіяння світла, на втрати у товщі скла екрану кінескопа і в об'єктиві забезпечує високу енергетичну ефективність, що дозволяє у разі запису за даним способом використовувати малочутливу дрібнозернисту плівку, пропускну спроможність якої в окремих випадках досягає 800 пар ліній на 1 мм. Проте, в даний час реалізувати таку роздільну здатність для системи в цілому не можливо через порівняно низьку роздільну здатність передавальних телевізійних трубок і оптичних систем.

Принцип запису електронним променем ілюструє рис. 3.71. Електронний промінь 1 створено електронним прожектором, що складено з катода 2, модулятора 3 і діафрагми 4. Під дією прискорювальної напруги, прикладеної до ділянки анод-катод, і магнітного поля, що створює фокусувально-відхиляльну систему 5 та 6, електронний промінь формує у площині плівки 7 растр, відповідний телевізійному стандарту. Плівка знаходиться у вакуумній камері 8, її про-

тягує біля кадрового вікна 9 стрічкопротяжний механізм 10. Електронний прожектор розташований у камері 11 з високим вакуумом (близько 10^{-6} мм рт. ст.). Таке розрідження створюється роботою двох насосів: форвакуумного 12 і дифузійного 13. У камері з плівкою встановлюють мале розрідження (близько 10^{-4} мм рт. ст.), унаслідок чого газ, що виділяються з плівки, не порушують роботу системи. Кіноплівка щільно прилягає до кадрового вікна під дією притисної пластини 14. Ця пластина утримує плівку в потрібному положенні під час запису і обмежує доступ повітря з камери з низьким вакуумом у камеру з високим вакуумом. Система з двома вакуумними камерами і автоматичними вентилями 15 забезпечує необхідний ступінь розрідження через декілька хвилин після зарядки апарату плівкою.

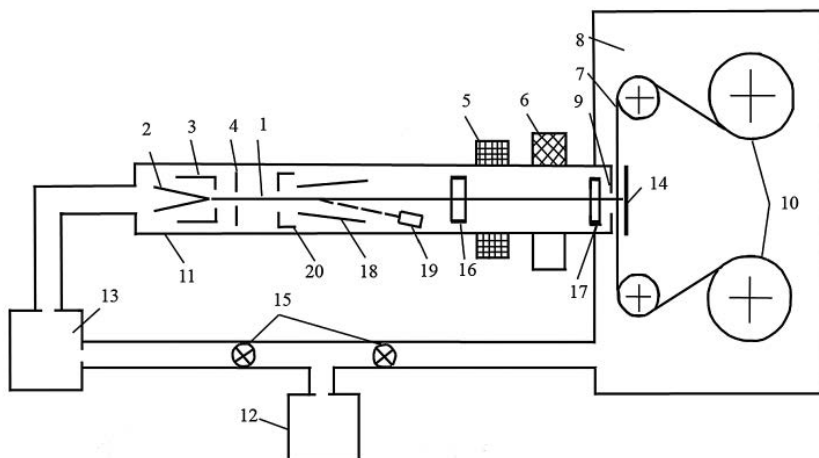


Рис. 3.71. Схематичне зображення системи електронно-променевого запису

Електронний прожектор пристрою формування променя розбірний. Джерелом електронів у прожекторі є вольфрамовий катод 2, що має форму вістря, який після певного терміну служби потрібно замінювати. Знімним є також модулятор 3. Катод і електрод, що управляє, знаходяться під високим негативним потенціалом, а анод 20 і стрічкопротяжний механізм камери заземлюють.

Діафрагма 4 обмежує діаметр електронного променя з метою усунення сферичної аберації. Електрод 16, що корегує, призначено для виправлення астигматизму пучка, а котушка 5 необхідна для його фокусування. Швидкі електрони променя вибивають з кіноплівки 7 вторинні електрони, які збирає колектор 17. Зміною потенціалу на колекторі можна в деяких межах регулювати розмір растру і фокусувати промінь.

Електронний запис телевізійних зображень характеризується порівняно низьким рівнем шумових завад. Основні джерела шумів для даного способу запису – зернистість фотошару плівки і дробовий ефект електронного променя. В наслідок високій енергетичній ефективності процесу запису, що дозволяє ви-

користовувати дрібнозернисті плівки і працювати за малих струмах променя, обидва види шумів можуть бути зменшені на порядок у порівнянні з шумами у зйомці з екрану кінескопа.

Телевізійне передавання кінофільму (телекінопроекція) Особливості телекінопроекції

За використання фільмових матеріалів на кіноплівці у телевізійному мовленні та виробництві відеофільмів у повний тракт перетворення зорової інформації включають комплекс фотохімічних перетворень і часове квантування, прийняте в сучасному кіно. Умовно об'єктом передавання телекінопроекційної системи можна вважати кадри кінофільму. Малі розміри об'єкту передавання дають можливість створювати на ньому значну освітленість за малої потужності джерела світла. В наслідок цього можна одержати високе відношення сигнал / шум як за використання передавальних трубок, так і за допомогою систем без накопичення, наприклад розгортки рухомим променем.

У кінотехніці стандартизовані розмір, взаємне розташування і темп зміни кадрів, тому на телекінопроекційну систему покладено вельми складне завдання – узгодження телевізійного і кіностандартів, і, в першу чергу, узгодження циклу зміни кінокадрів з вертикальною розгорткою. Частота зміни кадрів в кіно 24 кадр/с; з метою усунення завад, що виникають з частотою 1 Гц, практично у всіх системах телекінопроекції, що використовують стандарт ТБ з 25 кадр/с, частоту зміни кінокадрів вибирають таку саму. За стандарту з 30 кадр/с підвищення частоти зміни кінокадрів до цієї величини неприпустимо внаслідок значних спотворень темпу рухів і тональності звуку.

Зміна кінокадрів у звичайному кінопроекторі триває приблизно 8 мс, отже, за будь-якого її фазування кадрів телевізійного стандарту неможливо провести розгортку всіх рядків за час знаходження кадру в кадровому вікні. Щоб подолати це утруднення, можна використовувати три принципово різних засоби та заходи.

1. Ввести пристрій, що зберігає інформацію протягом телевізійного поля або кадру, щоб сумістити в часі процеси розгортки ТБ і транспортування фільму.

2. Скоротити час протягування до тривалості вертикального згасального імпульсу, з тим щоб під час фіксації кадру фільму провести розгортку всіх активних рядків телевізійного кадру.

3. Розтягнути час транспортування кадру на весь період кадру, здійснити рівномірний рух фільму, а графік вертикальної розгортки видозмінити так, щоб врахувати цей рух.

Телевізійне передавання фільмів

Найбільше практичне застосування одержали наступні методи телевізійного передавання фільмів:

– з використанням телевізійної розгортки з променем що переміщується, перемикальної подвійної оптики і безперервного руху фільму;

- з використанням запам'ятовувальних трубок і переривчастого руху фільму;
- з використанням телевізійної розгортки рухомим променем, і безперервного руху фільму з оптичним або електронним вирівнюванням руху.

Розглянемо їх за вимогами, що висувають до оптико-механічної і телевізійної частин телекінопроекторів і до якості телевізійного передавання.

Метод з використанням телевізійної розгортки рухомим променем перемикальної подвійної оптики і безперервного руху фільму

Принципову схему цього методу, наведено на рис. 3.72. На екрані електронно-променевої трубки світлова пляма прокреслює телевізійний растр, який, на відміну від нормального растру із співвідношенням сторін 3 : 4, має удвічі меншу висоту, тобто співвідношення сторін 1,5 : 4 або 3 : 8. Світлова пляма утворюється на безперервно рухомому фільмі із застосуванням подвійної оптики, й кожна з оптичних систем по-черзі відкривається і закривається обтюратором, що діє синхронно з рухом фільму і з частотою вертикальної розгортки. У кожен момент часу функціонує лише одна оптична система.

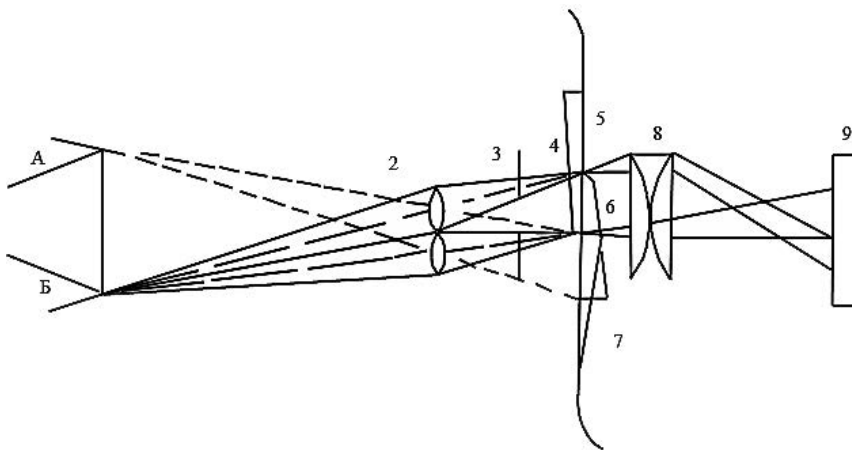


Рис. 3.72. Принципова схема телевізійного передавання фільму з використанням розгортки рухомим променем, перемикаючої подвійної оптики і безперервного руху фільму:

1 – растр (у 1/2 нормальній висоті); 2 – подвійна оптика;

3 – обтюратори що діють поперемінно; 4 – кінокадр;

5 – фільм (безперервний і синхронізований рух); 6 – положення кінокадру через 1/50 с;

7 – положення кінокадру через 1/25 с; 8 – конденсор; 9 – фотопомножувач

Зображення повної висоти телевізійного растру, що створюються кожною оптичною системою, відповідають шляху, що проходить рівномірно рухомий

фільм на інтервалі $1/50$ с, тобто половині висоти кінокадру, і розташовуються поряд один з одним в одному напрямі. Світловий потік, що проходить через фільм, концентрується збиральною лінзою на фотоеlementі (фотопомножувачі), який перетворює розподіл прозорості кінозображення в послідовність електричних сигналів.

Швидкості руху фільму і ходу вертикальної розгортки телевізійного растру узгоджені між собою таким чином, що за час пересування фільму на половину висоти кінокадру світлова точка переміщається через всю його висоту. Тобто, вертикальний хід розгортки обумовлений наполовину вертикальним відхиленням світлової плями на екрані електронно-променевої трубки і наполовину безперервним рухом фільму.

Кожен період вертикальної телевізійної розгортки, що дорівнює $1/50$ с, світлова пляма на екрані електронно-променевої трубки проходить шлях АВ і повертається стрибком в крапку А (рис. 3.72). За час проходження світловою плямою шляху АВ його зображення, що створюється оптичною системою на рухомому з рівномірною швидкістю фільмі, проходить шлях, що дорівнює висоті кінокадру, хоча за цей час фільм проходить відстань, яка дорівнює лише половині висоти кінокадру.

Після закінчення цього періоду обтюратор закриває одну оптичну систему і відкриває іншу, після чого є наступний період вертикальної телевізійної розгортки. Коли фільм просувається на другу половину висоти кінокадру, світла точка ще раз переміщається рядками по всьому кінокадру, так що точки, розгортки протягом цього періоду, знаходяться точно між рядками, прокресленими протягом першого періоду. Так забезпечують розгортку повного кадру за міжрядковим методом, потім весь цикл повторюють знову для наступного кінокадру. Цей метод має практичне застосування у телевізійних центрах Європи, де частота вертикальної розгортки 50 Гц. Безперервний рух фільму в поєднанні з так званою перемикальною подвійною оптикою і способом розгортки рухомим променем, дозволяє використовувати порівняно просту в оптико-механічному відношенні апаратуру.

Недоліком методу є те, що кожний з двох напівкадрів передають окремою оптичною системою, тоді як ці напівкадри є взаємозв'язаними і розташованими в одній і тій же площині плівки. Відповідний зсув одного поля щодо іншого в телевізійному зображенні за застосування міжрядкової розгортки не повинен перевищувати $0,25-0,5$ висоти рядка, а зсув кадру в цілому щодо іншого кадру – висоти одного рядка. Це висуває особливі вимоги відносно ідентичності (масштаб зображення, значення і розподіл освітленості поля кінокадру) і відносного розташування обох оптичних зображень растру на кадрі фільму. Навіть невелике порушення цих вимог призводить до виникнення у край неприємного для ока паразитного миготіння з частотою 25 Гц, подвійних контурів і, до зменшення роздільної здатності системи.

Окрім того, за даного методу телевізійного передавання фільмів висувають підвищені вимоги до рівномірності руху фільму і до усталеності його довжини

(на кадр). У разі зміни довжини кіноплівки, наприклад, унаслідок її усадки, повинна відповідно змінюватися відстань між двома об'єктивами; бажано, щоб останнє відбувалося автоматично.

Все це, вимагає великої точності виготовлення і складання механічних і оптичних деталей.

У телекінопроекторах (рис. 3.73) фірми «Ferensehe» (ФРН) світловий потік подвійною перемикальною оптичною системою розщеплюють в конденсорі за кадровим вікном на два пучки, які через призму або дзеркала поступають на два окремі фотоелектронні помножувачі. Останні виключно електронним способом по черзі закриваються, так що в кожен момент функціонує тільки один помножувач, сигнали якого передають у канал зв'язку телевізійного мовлення.

У більш досконалих установках використовують один фотоелемент, на який падає зібраний циліндровою лінзою вже суміщений світловий потік, одержаний перемиканням за чергою двох світлових потоків не електронним, а механічним пристроєм – секторним обтюратором. Синхронізація обертання обтюратора забезпечується жорстким кінематичним зв'язком його осі з валом головного двигуна. Усадку фільмокопії компенсують вертикальним переміщенням одного з об'єктивів перемикальної подвійної оптики, який змінює відстань між двома напіврастрами на фільмі.

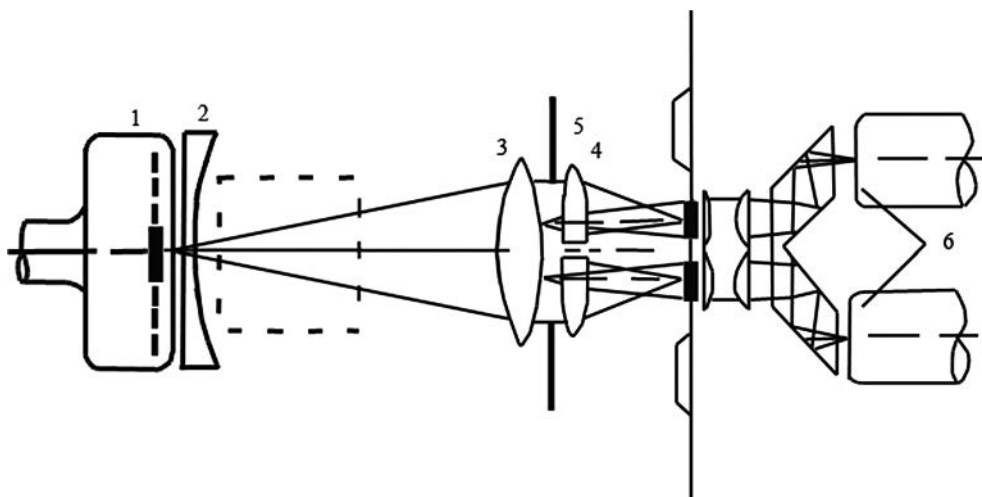


Рис. 3.73. Схема оптичної системи телевізійного кінопроектора з розгорткою рухомих променів:

- 1 – електронно-променева трубка; 2 – польова лінза; 3 – об'єктив «Компонар»;
- 4 – подвійна оптична система (для об'єктиву типу «Ксенон»);
- 5 – фільм; 6 – фотопомножувачі

Для телевізійного передавання 16-мм фільмів використовують телекінопроектор з двома фотоелементами (фотопомножувачами) і механічною обтюраторією. Принципову схему оптичної системи подібного телевізійного кінопроектора наведено на рис. 3.74.

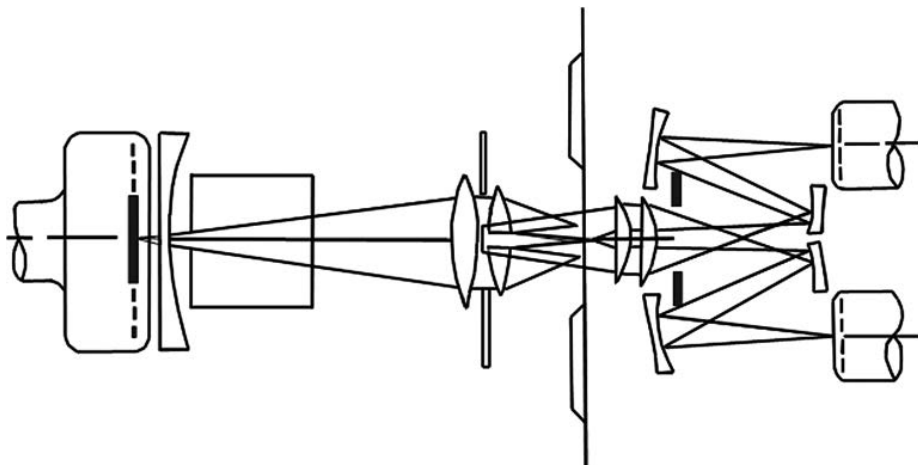


Рис. 3.74. Принципова схема оптичної системи телевізійного кінопроектора з розгорткою рухомих променів, для передавання 16-мм фільму

Найбільш поширений телекінопроектор використовує метод розгортки рухомих променів, та перемикає подвійну оптику і безперервний рух фільму. Прикладом такого телекінопроектору є телекінопередавач фірми «ЕМІ» (Англія). Він призначений для телепередавання 35- і 16-мм фільмів з фотографічною або магнітною фонограмою, розташованою разом із зображенням на одній кіноплівці або на окремих кіноплівках. Також їм можна проводити телепередачу нерухомих кінокадрів на 35-мм кіноплівці.

Принципову схему телекінопередавача фірми «ЕМІ» наведено на рис. 3.75. Вся установка має два окремі канали. У одному є 35-мм кінопроектор і діапроектор, а у другому – кінопроектор для 16-мм фільму. Установка дозволяє електронним шляхом швидко перемикає з одного каналу на інший канал за час кадрового згасаючого сигналу.

Схеми оптичних систем телекінопроектора для телевізійного передавання рухомого і нерухомого 35-мм фільмів наведено на рис. 3.76. Два частково зрізані об'єктиви типу «Триплет» з фокусною відстанню 100 мм або 50 мм (16-мм фільм) і відносним отвором 1:4,5 відображають растр електронно-променевої трубки (типу «Емископ»), що світиться, по черзі на дві ділянки фільму, центри яких розташовані один від одного на відстані, що дорівнює половині кроку фільму (9,5 мм).

Почергове просвічування кожним растром кадрів фільму здійснюють спеціальним обтюратором, що складено з двох дисків з 12 лопатями в кожному. Диски зсунуті відносно один до одного на половину кроку лопатей, так що за телевізійної проекції рухомого фільму кількість задіяних лопатей дорівнює 24.

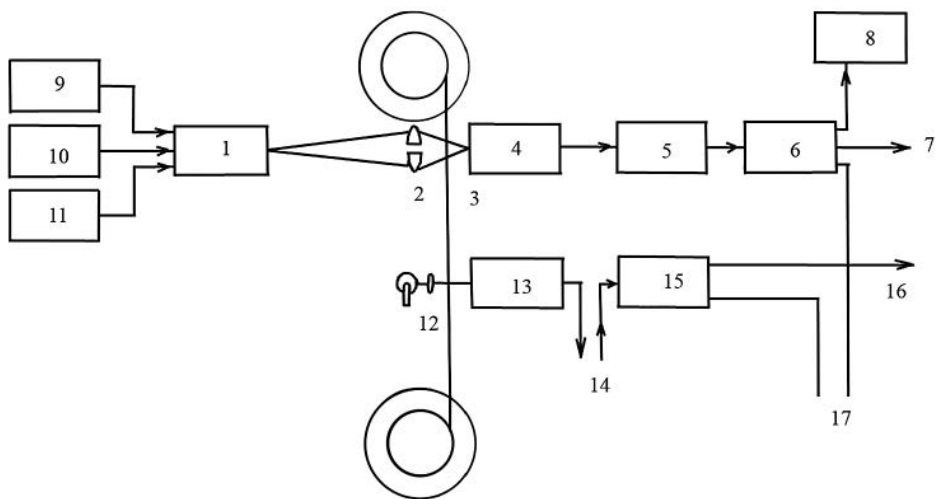


Рис. 3.75. Принципова схема телекінопередавача фірми ЕМІ:

- 1 – електронно-променева трубка типу «Еміскоп»; 2 – часткові об'єктиви;
3 – фільм; 4 – фотоелектронний помножувач; 5 – відеопідсилювач і пристрої корекції сигналу;
6 – комутатор (розподільник) відеосигналу; 7 – вихід відеосигналу;
8 – відеоконтрольний пристрій; 9 – генератор кадрової розгортки;
10 – генератор рядкової розгортки; 11 – генератор променя електронно-променевої трубки для компенсації усадків фільму; 12 – освітлювальна система звукового тракту; 13 – звуковий блок;
14 – зовнішній підсилювач; 15 – комутатор (розподільник) звукового сигналу;
16 – вихід звукового сигналу; 17 – звукові і відеолінії з іншого каналу

Оптичну схему нового телекінопроектора наведено на рис. 3.76. В порівнянні із попередніми оптичними схемами, перша пара дзеркал 4 розташована вертикально, а функцію заслінки, що захищає об'єктиви від прямого потрапляння на них світла, відіграє дзеркало 5, за допомогою якого провадять контроль фокусування екрану трубки (типу 18ЛК8Ж). Крім того, для одночасного отримання зображень растру на кінокадрах лівого і правого постів у оптичну систему введено діагональні дзеркала 7.

Використання замість одного поворотного дзеркала діагональних дзеркал створює зручності переходу з одного поста на інший під час телекінопроекції, а саме: дозволяє встановлювати кадр у рамку в стрічкопротяжному механізмі одного поста, коли стрічкопротяжний механізм іншого поста здійснює ще демонстрацію частини фільму.

Застосовано об'єктиви И-29 з фокусною відстанню 82 мм і світлосилою 1:2,8. Фільмові канали 10 виконані криволінійними (по дузі кола). Світло, що пройшло крізь кінокадри, збиральною системою, що складено з призм 11 і 12 і лінз 13 і 14, через кольороводільні дзеркала 15 і 16, додаткові дзеркала 17 і світлофільтри, що коректують 18 і 19 прямує на фотопомножувачі 20, 21 і 22. Для червоного і синього каналів використовують ФЭУ-14, а для синього – ФЭУ-13.

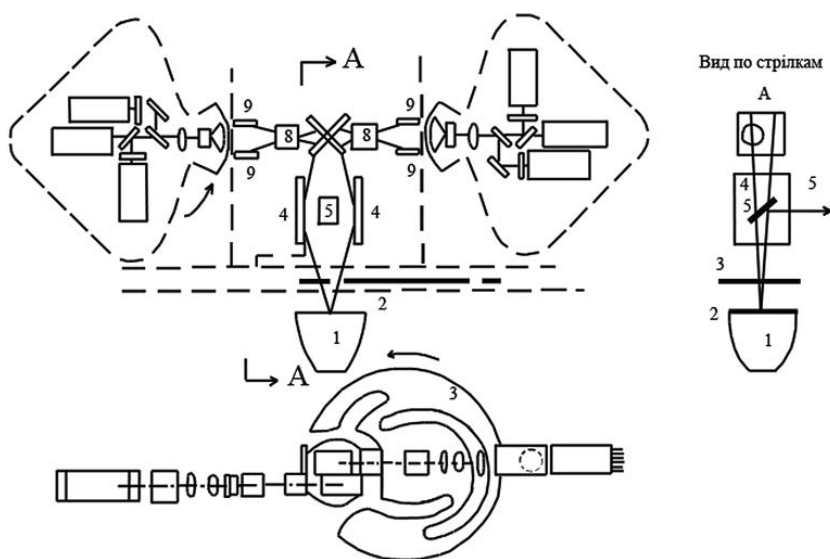


Рис. 3.76. Оптична схема телекінопроектора у трьох проекціях:

- 1 – трубка розгортки; 2 – упори трубки; 3 – об'єктив;
- 4 – великі дзеркала; 5 – дзеркало; 6 – вічко для спостереження за растром;
- 7 – діагональні дзеркала; 8 – об'єктиви; 9 – малі дзеркала

Стрічкопротяжний механізм телекінопроектора виконано за схемою, яку наведено на рис. 3.77. Фільм подають і забирають за допомогою зубчастого барабана 1. Відносно високочастотні коливання швидкості кіноплівки, що спричинено впливом подавального і приймального рулонів і зубчастого барабана, згладжуються стабілізатором швидкості, що складено з елементів 4, 5 і демпфера 9. Шляхом переміщення сполучених між собою пружинами через балансувальний пристрій 11 натяжних роликів 4, що забезпечують отримання натягнутої пружини 12 петлі кіноплівки певної довжини, ці коливання не передаються на ділянку фільму, що знаходиться між гладкими барабанами 5. В результаті на цій ділянці кіноплівка, що щільно охоплює поверхні гладких барабанів, рухається з такою ж швидкістю, як ці барабани. З метою зменшення тертя на дугоподібних направляючих фільмових каналах натягнення петлі кіноплівки дещо ослаблене, тому необхідне зчеплення кіноплівки з гладкими барабанами здійснюють додатковими притисковими роликками 6.

Телекінопроектор за приладами із зарядовим зв'язком

Телекінопроектори із ПЗЗ можна виготовляти на матрицях і однорядкових приладах з безперервним і переривчастим транспортуванням кіноплівки. Зображення, одержані від матричних ПЗЗ, ще поступаються за своїми параметрами зображенням, отриманим від трубок з накопиченням зарядів. Тому використовують однорядковий ПЗЗ. Вертикальну відрядкову розгортку зображення здійснюють безперервним переміщенням кіноплівки. Перевагою теле-

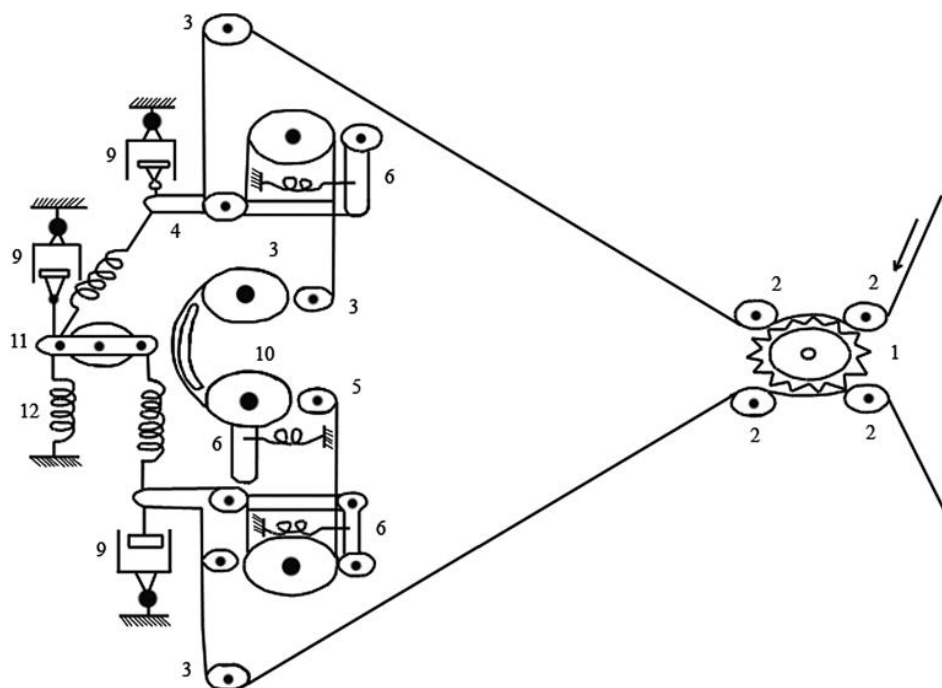


Рис. 3.77. Схема стрічкопротяжного механізму телекінопроектора

кінопроекторів із ПЗЗ є малі габарити, довговічність, мале споживання енергії, відносна простота стрічкопротяжного механізму, відсутня проблема корекції поєднання растрів; не потрібні фокусувально-відхиляючі системи і джерела високої напруги.

Телекінопроектор FDL-60 на однорядкових ПЗЗ для передавання кольорових фільмів виготовлено фірмою «Bosch Fernseh»; структурну схему наведено на рис. 3.78. Кіноплівку транспортує стрічкопротяжний механізм (СПМ) безперервно і її освітлює в кадровому вікні освітлювач. Зображення кінокадру об'єктивом (О) проєктують через світлоділянкову призму (СДП). Кольоророзділені зображення Y, R-Y, B-Y (або R, G, B) формують у площинах трьох фоточутливих елементів – однорядкових ПЗЗ. Ці прилади перетворюють світлове зображення окремих рядків у відеосигнали. Пристрій зчитування, посилення і корекції (ПЗПК) компенсує нерівномірність чутливості елементів напівпровідникових приладів зарядового зв'язку, яка приводить до появи на зображенні паразитного сигналу у вигляді вертикальних стовпів, особливо помітних на світлих ділянках зображення. Корекцію нерівномірної чутливості реалізовано в ПЗПК із застосуванням програмованого постійного запам'ятовувального пристрою. Паразитний сигнал записують у запам'ятовувальний пристрій, й далі він модулює відеосигнал і віднімається від нього. В результаті нерівномірність чутливості, темнових струмів і неоднорідність пропускання елементів оптичної системи зменшують до прийнятних значень.

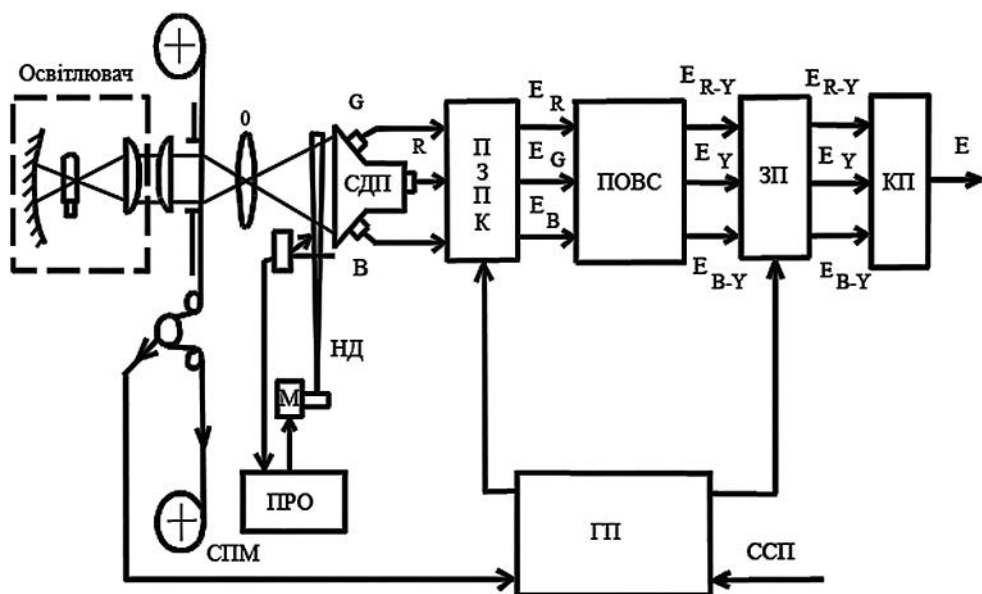


Рис. 3.78. Структурна схема телекінопроектора на ПЗЗ

У пристрої оброблення відеосигналів (ПОВС) здійснюють гамма-корекцію, апертурну і кольорову корекцію, регулювання рівня чорного, а також матрицювання. Відеосигнали E_Y , E_{R-Y} , E_{B-Y} в цифровій формі записують у відповідний записувальний пристрій (ЗП), який перетворює відрядкове розкладання кінокадру в стандартне міжрядкове розкладання.

Демонстрацію 16-, 35-мм і широкоформатних фільмів реалізують за зміною формату запису із збереженням формату зчитування. Таким чином забезпечують узгодження параметрів вертикального безперервного переміщення кіноплівки і стандартного міжрядкового розкладання. Одержані сигнали переводять в аналогову форму і подають на кодувальний пристрій (КП) через одну з систем мовного кольорового телебачення. Імпульси, що керують синхронною роботою телекінопроектора, формує генератор синхросигналу телецентру. Регулювання світлового потоку залежно від щільності кіноплівки виконує пристрій регулювання освітленості (ПРО) нейтральним фільтром (НД), що має форму диска. Щоб інфрачервоне випромінювання не потрапляло на ПЗЗ, за освітлювачем поставлено інфрачервоний (тепловий) фільтр.

Телекінопроектор на ПЗЗ має вельми простий стрічкопротяжний механізм і складний пристрій обробки відеосигналів. Він забезпечує отримання високоякісного кольорового зображення.

Розділ 4. Системи реєстрації з високим розрізненням

4.1. Термопластична реєстрація зображень

Термопластичну, іноді іменовану як **фототермопластичну**, реєстрацію зображень, найчастіше телевізійних, відносять до спеціальних видів запису-відтворення інформації.

Перевагою є – найвища роздільна здатність (2000-3000 ліній / мм), неоліком – порівняно висока складність техніки пристроїв її реалізації.

Розглянемо спочатку стисло її принципи, а потім детальніше техніку і механізми транспортування носія.

Термопластичний запис здійснюють електронним пучком, інтенсивність якого змінюється відповідно значенню вимірюваної величини. Носієм є тришарова стрічка, нижній шар якої – підкладка з пластичного матеріалу, середній – з матеріалу з позитивним зарядом і верхній – з термопластика. Потік електронів змінної інтенсивності, падає на поверхню термопластика і передає йому негативний заряд відповідної величини. Далі стрічка проходить між обкладками конденсатора, що знаходиться під напругою високої частоти, розігрівається і термопластик протягом декількох мілісекунд розм'якшується. Сили тяжіння, що діють між верхнім і середнім шарами, спричиняють деформацію термопластика, й перетворюють його хвилясту поверхню, яка твердне відразу після виходу з конденсатора. Профіль поверхні відповідає коливанням реєстрованої величини. Зчитування проводять різними способами, зокрема оптичним, як це показано на рис. 4.1.

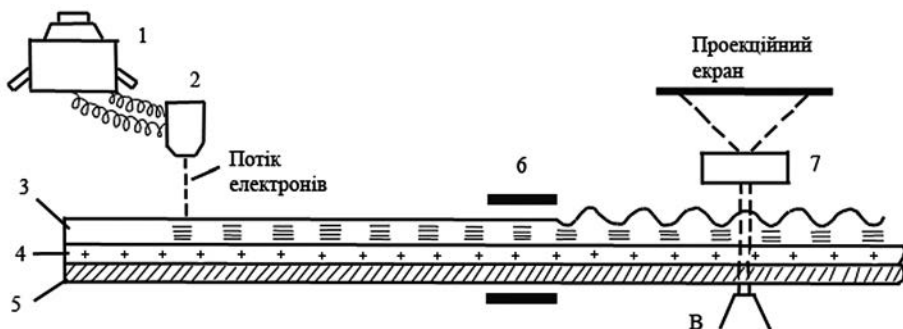


Рис. 4.1. Схема отримання і зчитування термопластичного запису

Фототермопластичний запис (ФЗ), тобто реєстрація оптичного зображення, на основі перетворення оптичного зображення у механічний мікрорельєф на поверхні термопластичного шару. Розподіл глибини цього рельєфу відповідає розподілу освітленості у полі реєстрованого оптичного зображення. В основі відновлення (відтворення) записаного оптичного зображення з одержаного мікрорельєфу є явища заломлення світла та дифракції світла (на

відміну, наприклад, від галогеносрібної фотографії, в якій фотографічне зображення обумовлено неоднаковою прозорістю або здатністю відбитий різних ділянок експонованого і потім проявленого фотоматеріалу).

Перша система запису зображення на термопластичну плівку електронним променем у вакуумі і відтворення записаного зображення оптичним методом (система термопластичного запису) розроблена наприкінці 50-х рр. 20 ст. американським вченим У. Гленном. Основними недоліками цієї системи є необхідність проведення запису у вакуумі і неможливість безпосередньої реєстрації оптичного зображення (його заздалегідь перетворюють у електричні сигнали – відеосигнали, що модулюють за інтенсивністю записувальним електронним промінням), що істотно обмежує область застосування термопластичного запису (її використовують у телебаченні як один із способів запису і зберігання телепередач). Подальше удосконалення термопластичного запису з метою усунення цих недоліків призвело до створення найбільш поширеного її різновиду – ФЗ (розробленого на початку 60-х рр. минулого сторіччя американським вченим М. Гейнером). Плівка для ФЗ, так звана, фототермопластична плівка (ФТП), відрізняється від плівки для термопластичного запису тим, що реєструвальному термопластичному шару ФТП будь яким способом додано притаманну властивість змінювати власну електропровідність під дією оптичного випромінювання (властивість фотопровідності). ФТП містить (рис. 4.2) основу 1 (зазвичай, з поліетилентерефталата), на яку послідовно нанесено три або два шари: надтонкий електропровідний шар 2, фотопровідний шар 4 і термопластичний шар 5 або замість двох останніх один – фототермопластичний 3 (що має одночасно і термопластичні і фотопровідні властивості).

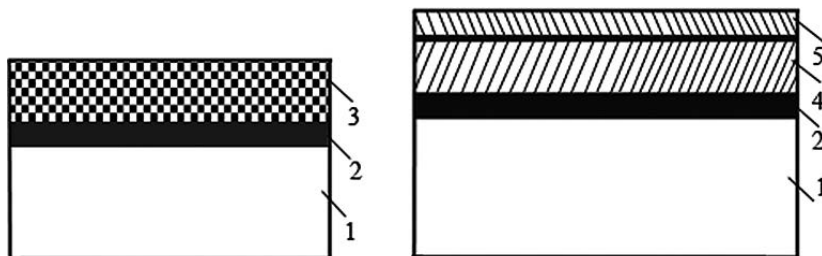


Рис. 4.2. – Структура фототермопластичної плівки:
1, 2, 3, 4, 5 відповідно – основа, надтонкий електропровідний шар, фототермопластичний шар, фотопровідний шар, термопластичний шар

В процесі запису (рис. 4.3) ФТП спочатку електрично рівномірно заряджають коронним розрядом подібно до того, як це роблять в *електрофотографії*.

Нанесений заряд індукує в електропровідному шарі (який на момент запису заземлюють) протилежний за знаком заряд. Далі на ФТП проектують записуване зображення (у ряді випадків – через *растр*). При цьому завдяки вини-

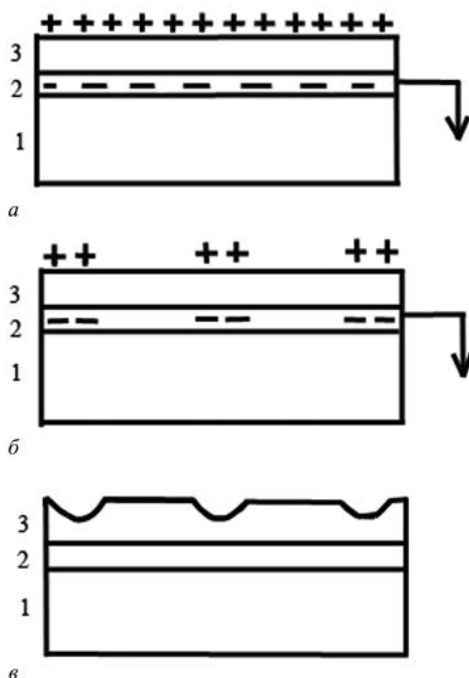


Рис. 4.3. Схема утворення рельєфного зображення на фототермопластичній плівці:
а – рівномірно заряджене ФТП, *б* – експонована ФТП, *в* – ФТП після теплового проявлення

каючий в шарі фотопровідності, заряди з освітлених ділянок термопластичного (або фототермопластичного) шару стікають через заземлений електропровідний шар. Після експонування заряди залишаються лише на тих ділянках шару, на яке світло зовсім не діє, або впливає несуттєво; тобто щільність заряду на поверхні ФТП виявляється неоднаковою на різних ділянках (виникає потенційний рельєф, відповідний розподілу освітленості по полю спроектованого оптичного зображення). Наступний етап запису – тепловий прояв: термопластичний шар розм'якшують (розплавляють) нагріванням, під дією електростатичних сил тяжіння між зарядами на поверхні термопластичного шару і зарядами, що індукуються в електропровідному шарі, розм'якшений термопластичний шар деформується, і на його поверхні утворюється механічний мікрорельєф у вигляді канавок змінної глибини. При цьому глибина канавки в кожній її точці визначається щільністю заряду і, отже, освітленістю зображення. Після проявлення шару дають застигнути (у цьому полягає фіксація зображення). Глибина одержаного мікрорельєфу не перевищує 1 мкм.

Відтворення записаного зображення здійснюють оптичним шляхом – проєкцією рельєфу на екран через шлірен-систему (рис. 4.4), що перетворює фазові зміни світлової хвилі, яка проходить через ФТП, в амплітудні, а саме в зміни яскравості чорно-білого зображення, що одержано на екрані. Шлірен-система містить два растри 1 та 5, розташовані так, що прозорим ділянкам першого

відповідають (за ходом променів з оптичною віссю 4 через дві збиральні лінзи 2 та 6) непрозорі ділянки другого, світлові промені, проходячи через недеформовані ділянки ФТП з (не експоновані плоско-паралельні ділянки), не змінюють свого первинного напрямку; вони потрапляють на непрозорі ділянки другого растру і, отже, до екрану 7 не проходять. Промені, що потрапляють на деформовані ділянки ФТП, дифрагують (розсіюються) на неоднорідностях плівки (мікрорел'єфі) і частково (залежно від ступеня розсіювання) проходять на екран через прозорі ділянки другого растру.

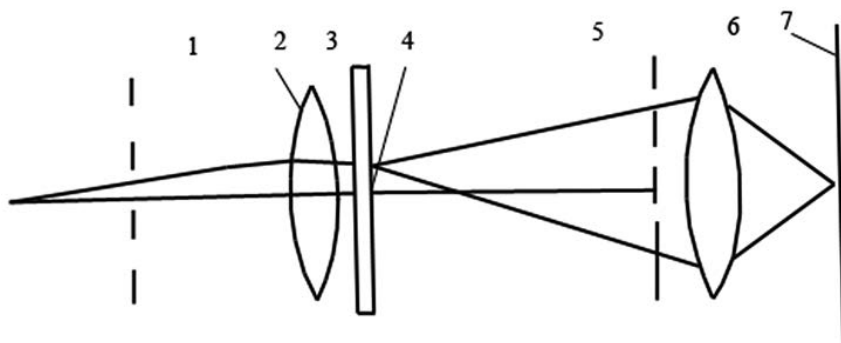


Рис. 4.4. Схема відтворення зображення, записаного на фототермопластичній плівці

До переваг ФЗ відносять: 1) дуже малий проміжок часу, який потрібний для здійснення процесу «запис – відтворення» готовий до відтворення мікрорел'єф утворюється практично в процесі запису (час нагрівання триває декілька десятків мікросекунд, а час утворення мікрорел'єфу – частки мікросекунд); 2) відсутність «мокрих» стадій оброблення ФТП, гранична простота проявлення – «фіксації» зображення; 3) можливість повної автоматизації процесу; 4) можливість багаторазового запису на одну і ту ж саму ФТП (попередній запис стирають, розплавляючи термопластичний шар, після чого на ньому можна проводити новий запис; 5) дуже висока *роздільна здатність* ФТП, що досягає декілька тисяч ліній на міліметр; при цьому ФТП мають, як правило, набагато більш високу світлочутливість у порівнянні з галогеносрібними фотоматеріалами з такою ж роздільною здатністю, ФЗ застосовують в обчислювальній техніці, голографії, під час аерозйомки. Використання ФЗ у аматорській фотографії наприкінці минулого століття було ще вельми обмежено.

Термопластичний запис телевізійних зображень

Термопластичний запис розроблено американською фірмою «General Electric» (фізиком У. Гленном). Принцип цього запису (рис. 4.5) полягає в дії у вакуумі модульованого електронного променя на поверхневий тонкий шар термопластичного матеріалу з низькою точкою плавлення, який лежить на де-

якому прозорому електропровідному шарі, нанесеному на термостійку пластмасову стрічку. Таким чином, носієм термопластичного запису є стрічка, що містить три шари, з яких тільки верхній є власне легкоплавким термопластичним шаром. Товщина його приблизно 12 мкм.

Термопластик на відміну від термоактивних пластмас, має здатність плавитися та охолоджуватися при повторному нагріванні або охолодженні і при цьому не руйнуватися. Більшість термопластиків починають вже плавитися за температури, що перевищує 50-100°C. До термопластичних пластмас відносять полістирол, поліетилен, поліхлорвініл, фторопласт тощо.

В процесі термопластичного запису телевізійних зображень (рис. 4.5) електронний промінь, модульований телевізійним сигналом (носій, модульований власне відеосигналом) у формі зміни ступеня його розфокусування здійснює поперечний рух на рівномірно рухомій стрічці за законом рядкової телевізійної розгортки. Кадрову розгортку здійснюють внаслідок руху самої стрічки. У разі переміщення модульованого електронного променя поверхню стрічки на ній утворюються негативні заряди, величина і розподіл яких відповідають характеру записуваного зображення.

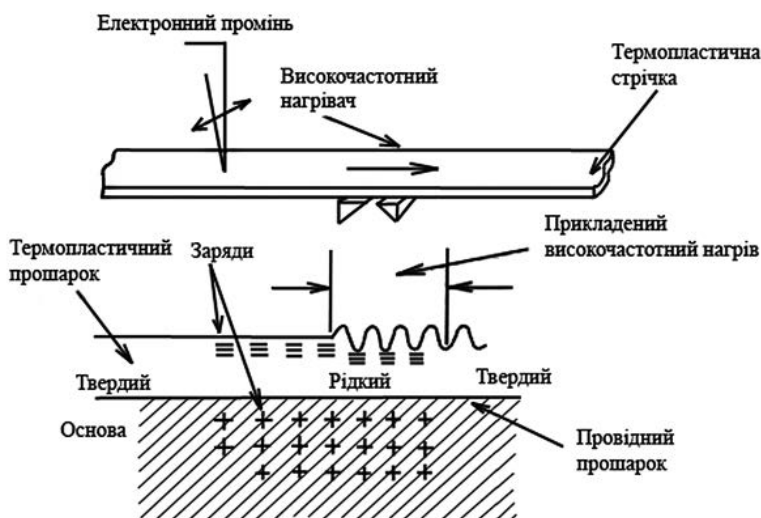


Рис. 4.5. Принцип термопластичного запису

Верхній термопластичний шар стрічки після або до нанесення на нього зарядів прогривають до плавлення, внаслідок чого потенційний рельєф зарядів перетворюється в поверхневий рельєф стрічки. Для цього стрічку відразу ж після запису пропускають через ролик, що служить височастотним підігрівачем і прогривають вихровими струмами або після видалення стрічки з апарату запису (вакууму) її термопластичний шар піддають дії струменя гарячого повітря.

Короткочасний нагрів провідного шару до температури плавлення термопластичного шару (50-70°C) викликає швидке його розплавлення. В цьому випадку електростатичні сили тяжіння між негативними зарядами на поверхневому термопластичному шарі, утвореними електронним променем і позитивно зарядженою або заземленою прокладкою викликають зниження рівня розплавлених термопластиків, що продовжується до тих пір, поки не наступить рівновага між цими силами і силами поверхневого тяжіння, що відновляють рівень поверхні.

В результаті виникає деформація поверхневого шару, яку закріплюють подальшим швидким його охолодженням до температури нижче за точку твердіння, перш ніж стрічка буде намотана. Нагрів лише поверхневого термопластичного шару і дифундування тепла до основи стрічки сприяють швидкому охолодженню поверхневого шару стрічки після виходу її з області високочастотного нагрівального поля або дії гарячого повітря.

Створення необхідного режиму охолодження термопластичного шару стрічки у вакуумі є важчим завданням, ніж нагрів цього шару, тому для цієї мети застосовують спеціальні засоби. Так, наприклад, для того, щоб охолодити протягом короткого часу термопластик внаслідок одного тепловипромінювання, проводять нагрів лише тонкого його шару з використанням підкладки як теплопровідник. У інших апаратах термопластичного запису для вказаної мети використовують зростання теплопровідності газу із збільшенням його тиску. Термопластичну стрічку після проведеного на ній запису протягують через спеціальну щілину з камери з високим вакуумом в камеру з форвакуумом, в якій тиск складає декілька десятих міліметра ртутного стовпчика, де і відбувається охолодження стрічки за рахунок теплопровідності газу.

Іншим варіантом є знаходження термопластичної стрічки на охолодженому маховику, причому так, що вона лежить на вельми тонкій повітряній подушці. Ця подушка може бути утворена також за рахунок виділення власних газів стрічки при її знегажуванні у вакуумі.

Час, необхідний для утворення деформації поверхневого шару, залежить від його в'язкості в розплавленому стані, складає декілька мілісекунд, а час нагріву стрічки – близько 0,01 с. Таким чином, процес запису і проявлення триває приблизно 0,01 с.

Електричне поле зарядів у формі потенційного рельєфу може зберігатися на стрічці протягом декількох днів, через що негайне «проявлення» її не обов'язкове.

«Проявлення» термопластичної стрічки відразу після процесу запису доцільно, зважаючи на можливість проведення негайного контрольного перегляду записаного зображення. Але, доцільно нагрівати термопластик перед записом (наприклад, інфрачервоним випромінювачем невеликого підігрівача з ніхром), оскільки в цьому випадку відбувається розгладження носія і усунення подряпин і інших механічних пошкоджень.

Для того, щоб стерти проведений запис, необхідно знову зробити поверхню стрічки гладкою і позбавленою зарядів. Для цього стрічку нагрівають до температури, що дещо перевищує точку плавлення термопластичного шару,

наприклад, шляхом пропускання її через два високочастотних електроди. При цьому провідність термопластичного шару сильно підвищується, і негативні заряди дістають можливість стекти через провідний шар.

Оскільки в цьому випадку сили поверхневого тяжіння не будуть врівноважуватись електростатичними силами, вони згладять нерівномірності розм'якшеного термічного шару і тим самим усунуть деформацію після охолодження цього шару, він є знову придатний для запису.

Час, протягом якого термопластичну стрічку нагрівають до температури стирання, або, до повного набуття електричного заряду, значно перевищує (у 50-100 разів) час, необхідний для її проявлення за тієї ж температури.

Особливості конструкції

Схему одного з перших електронних пристроїв для запису чорно-білих телевізійних зображень наведено на рис. 4.6. Для створення найбільш прийнятних умов його роботи, враховуючи, що розгортку проводять лише в одному напрямі, в пристрої використовують схрещені електронні циліндрові лінзи. Доцільність застосування електронних циліндрових лінз полягає у тому, що кожна з них допускає окремо фокусування і відхилення електронного променя в перпендикулярних одна до іншої площинах. Шляхом електростатичного фокусування у площині термопластичного шару носія утворюється електронна пляма, що пише, розміром 4х6 мкм.

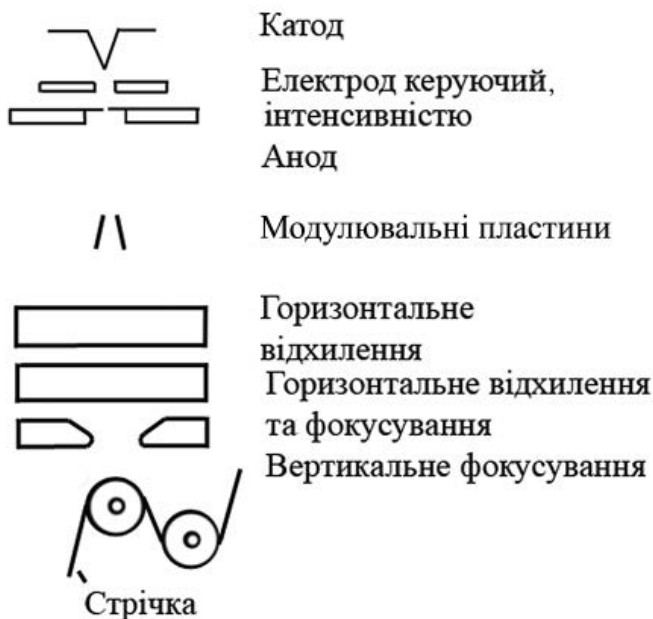


Рис. 4.6. Схема електронного пристрою для термопластичного запису чорно-білих телевізійних зображень

Модуляція у процесі запису може проводитися таким чином: пляма рухається за законом рядкової розгортки у поперечному напрямі до довжини термопластичної стрічки і, крім того, змінює свої розміри з відповідним перерозподілом енергетичної щільності внаслідок змінного розфокусування, що здійснено згідно із законом носія, модульованого власне телевізійним сигналом. Для цієї мети використовують носій проміжної частоти, що подають від телевізійної системи з рівнем близько 1 В.

Носій, модульований відеосигналом, обумовлює різну амплітуду коливань розфокусування електронної плями. Мінімальне значення цієї амплітуди відповідає білому, а максимальне значення – чорному елементам записуваного телевізійного зображення. У першому випадку ефективна енергетична щільність електронної плями, уздовж рядка, має найбільше значення, а в другому – найменше.

Допустима величина переміщення електронної плями, що визначає можливу довжину рядка запису в пристрої, 5 мм. З її допомогою можна одержати на термопластичній стрічці кадри розміром 4х5 мм. Для черезрядкової телевізійної розгортки, вочевидь, чіткість і кількість кадрів будуть удвічі менше чіткості і кількості кадрів, ніж для рядкової розгортки. Отже, при цьому методі запису найкраще використовувати замкнені телевізійні системи з черезрядковою (прогресивною) розгорткою.

Термопластичний запис і прогрів стрічки з метою створення поверхневої деформації здійснюють у вакуумі, для чого весь стрічкопротяжний механізм і електронний модулятор поміщають у спеціальну вакуумну камеру (рис. 4.7) з тиском, що не перевищує 10^{-4} мм ртутного стовпчика. Необхідний вакуум забезпечують шляхом попереднього відкачування, яке здійснюють протягом хвилини.

Термопластичний запис можна проводити не у вакуумі, наприклад, розміщаючи поверхнею стрічки дріт, що знаходиться під напругою, але в цьому випадку виходять гірші результати як відносно щільності і швидкості запису (які стають меншими), так і якості, що одержують при відтворенні.

Термопластичний запис утворено у формі нерівномірності поверхні носія, а не у формі зміни його щільності, тому для його відтворення потрібна особлива оптична система.

Для термопластичного рядкового запису телевізійних зображень утворюють ряд паралельних, поперечних до довжини стрічки, канавок, що відповідають телевізійним рядкам, так що глибина в тому або іншому місці визначається значенням заряду під час запису. Висота хвилі або глибина канавки запису носія, модульованого телевізійним сигналом, обумовлює у процесі відтворення певну інтенсивність світла відповідного елементу зображення.

Відтворення записаних на термопластичній стрічці чорно-білих телевізійних зображень засноване на викривленні унаслідок фазової інтерференції траєкторії світлових променів, що проходять через термопластичну стрічку з канавками, що мають коефіцієнт заломлення, який відрізняється від коефіці-

ента заломлення середовища, де проходять світлові промені. Це здійснюють спеціальною оптичною проекційною системою, аналогічної тій, яку застосовують для отримання великого екранного телевізійного зображення за методом «Ейдофор».

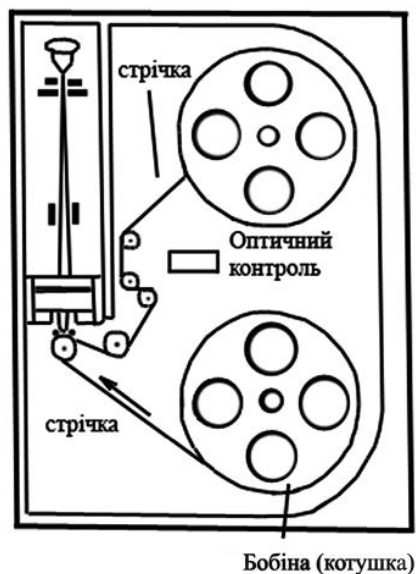


Рис. 4.7. Схема апарату для термопластичного запису

Між термопластичним записом і утворенням рельєфу на масляній поверхні для телевізійної проекції за методом «Ейдофор» існує велика схожість. Але є і відмінність, яка полягає в тому, що в проекторі «Ейдофор» одержаний за допомогою електронного променя рельєф у масляній поверхні використовують відразу ж для утворення телевізійного зображення на проекційному екрані, тоді як поверхневий рельєф у процесі термопластичного запису, що виникає під впливом електропотенційного рельєфу на поверхневому термопластичному шарі стрічки, призначений для тривалішого збереження.

В цьому випадку оптична проекційна система містить ряд лінійчастих паралельних щілистих джерел світла, таких, що зображають конденсором на горизонтальні непрозорі смуги растру, встановленого поблизу проекційного об'єктиву (рис. 4.8). За відсутності термопластичного запису смуги затримують всі світлові промені і вони не досягають проекційного об'єктиву, залишаючи екран темним.

У термопластичному записі завдяки викривленню траєкторії світлових променів, що проходять через канавки, яке відбувається тим сильніше, чим глибше канавка або більше висота хвилі запису, світлові промені вже огинають непрозорі смуги растру і потрапляють у проекційний об'єктив, й обумовлюють яскравість висвітленої точки на екрані відповідно до глибини канавки.

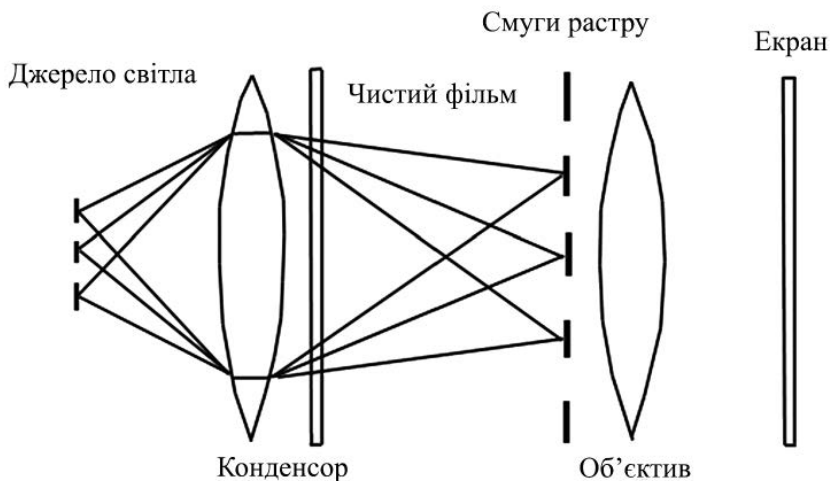


Рис. 4.8. Схема оптичної проекційної системи для відтворення чорно-білого телевізійного зображення, записаного термопластичним методом

Для відтворення чорно-білих телевізійних зображень ліній частини джерела світла і щільсті отвори растру є достатньо широкими, щоб весь спектр пропущений через оптичну проекційну систему.

Відтворення з термопластичного запису електричного телевізійного сигналу як функції часу може бути здійснено застосуванням точкового джерела світла – електронно-променевої трубки з рухомим променем, за законом розгортки в процесі запису.

4.2. Голографічна реєстрація зображень

Голографія – від грецького *holos* – весь, повний і *grapho* – пишу, малюю. Голографія може створювати об'ємне зображення, чого не може жоден інший вид реєстрації. Голографію відносять до вельми перспективного виду зображень, в якому поки багато ще не розв'язаних проблем і практичних завдань.

В даний час широко застосовують для виробництва акцизних марок на різні товари. Марки практично не можливо підробити.

Деякі приклади застосування голографії будуть наведено нижче.

Загальну теорію голографії розроблено в 1948-51 рр. англійським фізиком Д. Габорм, їм же створено перші голограми простих об'єктів (наприклад, точкових). Проте технічна реалізація цього методу була вельми складною: лише в 60-х рр. минулого сторіччя після появи лазерів з'явилась можливість практичного використання голографії у різних областях науки і техніки. На відміну від звичайного фотографування, коли у фотошарі реєструють лише інтенсивність світла, голографування – процес реєстрації на фотоматеріалі не тільки інтенсивності, але і фази світлової хвилі.

На рис. 4.9 наведено вигляд та структуру установки для відтворення голограм.

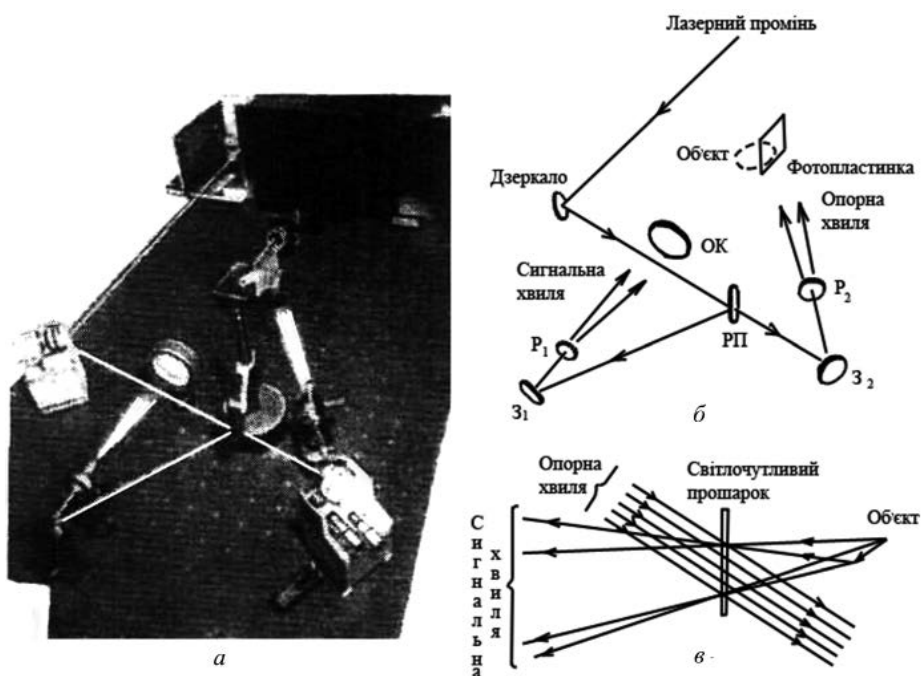


Рис. 4.9. Установка для отримання голограм:

a – зовнішній вигляд; *б* – оптична схема (З1 і З2 – дзеркала для зміни напрямку лазерного променя; РП – розщеплювач світлового променя;

Р1 та Р2 – розширювачі світлових пучків, ОК – об'єктив коліматора);

в – принцип утворення голографічного зображення на світлочутливому шарі фотопластини

На рис. 4.10 показано – особливість структури голограми під мікроскопом.

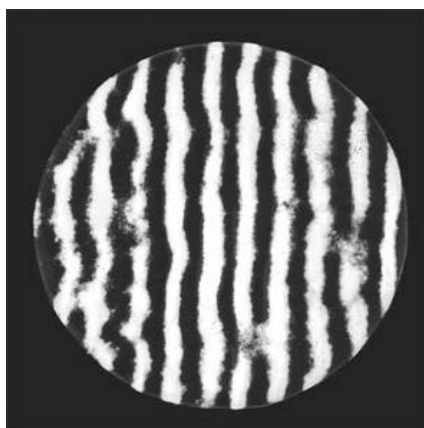


Рис. 4.10. Структура голограми, видима в мікроскоп

На світлочутливий шар одночасно з хвилею, розсіяною об'єктом за опромінювання його лазерним променем (сигнальною хвилею), направляють допоміжну (опорну) хвилю безпосередньо від того ж лазера. В результаті взаємодії сигнальної і опорної хвиль у світлочутливому шарі виникає нерухома інтерференційна картина. За фіксованих амплітуди і фази опорної хвилі інтерференційний ефект у кожній точці фотосхара визначено амплітудою і фазою сигнальної хвилі, які однозначно пов'язані з формою і оптичними характеристиками об'єкту (рис. 4.11).

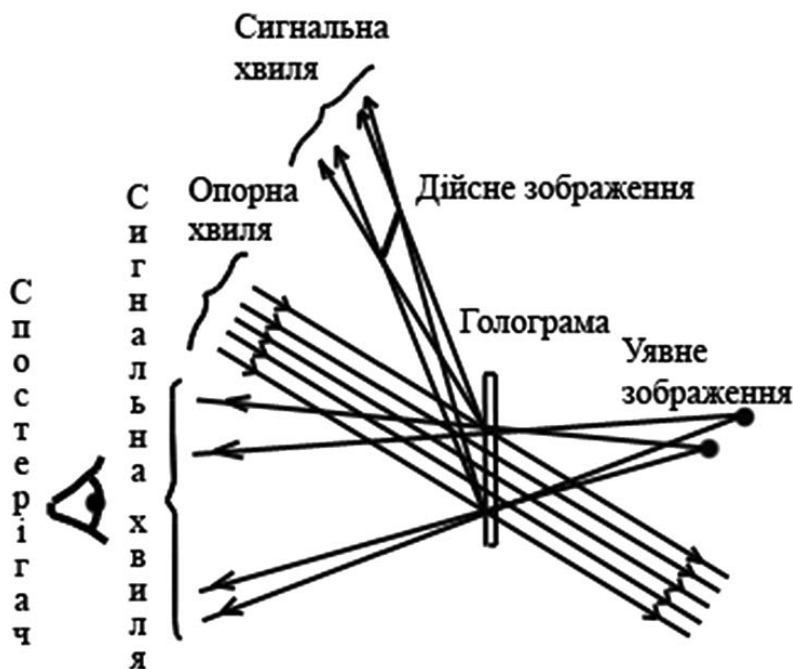


Рис. 4.11. Схема відновлення голографічного зображення

Одержуване після оброблення фотоматеріалу голографічне зображення (голограма) має безліч темних і світлих смуг, що чергуються, або плям. Ця множина утворює періодичні структури (дифракційні ґратки, рис. 4.10) з малим кроком (періодом) d , пов'язаним з довжиною світлової хвилі λ і кутом ϕ між опорним і сигнальним променями співвідношенням $d = \lambda / 2 \sin \phi$. Для відновлення голограми (тобто для спостереження зображення об'єкту) на неї направляють опорну світлову хвилю аналогічно тому, як це є для отримання голограми. При цьому в результаті *дифракції світла* виникають дві сигнальні хвилі. Перша з них (обумовлена дифракцією плюс першого порядку) є як би продовженням сигнальної хвилі, що використовувалася задля отримання голограми, тобто у принципі не відрізняється від хвилі, розсіяної об'єктом під час його безпосереднього спостереження. Спостерігач, що дивиться крізь гологра-

му, бачить уявне (ортоскопічне) зображення об'єкту в тому місці щодо голограми, де об'єкт знаходився при зйомці. Друга сигнальна хвиля (обумовлена дифракцією мінус першого порядку) поширюється під кутом 40° відносно напрямку поширення першої сигнальної хвилі. Вона також містить в собі інформацію про об'єкт, й утворює його дійсне (псевдоскопічне) зображення, яке можна спостерігати, але дещо гірше, ніж ортоскопічне. Окрім вказаних сигнальних хвиль, виникають хвилі, обумовлені дифракцією вищих порядків, проте ними зазвичай нехтують.

Кожен елемент голограми відновлюють променями, що проходять через нього у будь-яких напрямках. Тому для спостереження голографічного зображення його ракурс змінено за зміни положення очей спостерігача (так само, як при безпосередньому спостереженні початкового об'єкту). Різні зображення, які окремо сприймають ліве і праве око, зливаються у свідомості спостерігача в єдиний глядацький образ і сприймаються як об'ємне (стереоскопічне) зображення. Таке об'ємне зображення вперше експериментально одержали американські фізики Е. Лейт і Ю. Упатнієкс в 1962 р. Із зменшенням розмірів голограми кількість переданих ракурсів зображення зменшується (відбувається втрата інформації про об'ємність об'єкту – зображення стає плоским). Якщо площа голограми менше 1 мм^2 помітно знижується різкість відновленого зображення унаслідок збільшення кута дифракції розсіяння світла її краями.

Голограма, одержана за одного значення λ , може бути відтворена за іншого її значення, якщо дотримують визначеного співвідношення між напрямками сигнального і опорного світлових променів. За даної властивості, можна, наприклад, голограму, зняту в невидимій частині спектру, спостерігати і у видимих променях (візуалізувати об'єкт). Можливості голографії значно розширюються, якщо для отримання голограм використовувати товсті фотошари (з товщиною, що перевищує λ), це вперше запропонував радянський учений Ю. Н. Денісюк (1962 р.). Оскільки інтерференційні смуги у таких голограмах тягнуться на всю глибину шару, відновлення голографічного зображення можливо лише за визначених довжинах хвиль і напрямках опорних променів. За застосування товстих фотоемульсій можна відтворювати кольорові зображення об'єктів, з використанням під час зйомки та відтворенні одночасно три лазери, з випромінюванням в трьох різних ділянках спектру (наприклад, синьому, зеленому і червоному).

Для отримання високоякісних голограм необхідні дрібнозернисті фотоматеріали з *роздільною здатністю* 1000–5000 ліній/мм і вище: ведуть пошуки беззернистих фотоматеріалів (див. *Безсеребряна фотографія*). На якість голографічного зображення впливають також умови зйомки. Зокрема, дуже важливо, щоб за час експонування фотоматеріалу зміщення інтерференційних смуг (обумовлене зсувом об'єкту, що знімають, або елементів установки, наприклад, лазера) не перевищувало малих часток кроку цих смуг. Інакше реєстрована інтерференційна картина буде зміщеною, розмитою. Вказана вимога важлива за використання лазера безперервного випромінювання (час експонування – від

часток хвилини до декількох хвилин); за використання лазера імпульсного випромінювання з тривалістю імпульсу 10^{-7} – 10^{-9} с зсув смуг є незначним навіть у разі зйомки об'єктів, що рухаються зі швидкостями до 1000 м/с.

У процесі вдосконалення голографії розширюється область її застосування. Практичне значення набувають голографічні зображення; товстошарові голограми, виготовлені за методом, розробленим в СРСР (Ю. Н. Денісюк, Р. А. Соболев, О. Б. Серов та ін.), дозволяють одержувати об'ємні кольорові зображення, візуально максимально подібні до об'єкту, що знімають. За засобами голографії можна підвищувати якість звичайних фотографічних зображень в процесі їх виготовлення шляхом використання проміжних голограм, які компенсують (на основі заданого алгоритму) втрати різкості, під час обробки фотоматеріалу. Перспективно створення голографічного кольорового стереоскопічного кінематографа: у 1976 в СРСР вперше в світі здійснено показ «короткометражного» голографічного кінофільму. Є принципова можливість використання голографічних методів для створення систем об'ємного кольорового телебачення, пристроїв зберігання, пошуку і відтворення інформації тощо. У самостійні напрями науки виділено радіоголографію та акустичну голографію, тепер є можливість одержувати голограми для середовищ, не прозорих в оптичному діапазоні.

Голограма – це зареєстрована на фотопластині інтерференційна картина, що містить повнішу (в порівнянні із звичайним фотозображенням) інформацію про об'ємне зображення об'єкту, знятого методом голографії. Розподіл почорнінь на голограмі визначають взаємодією двох світлових хвиль: сигнальної, розсіяної об'єктом у разі опромінювання його лазерним променем, і опорної, направленої на фотопластину безпосередньо від того ж лазера. Просторовий розподіл амплітуди і фази сигнальної хвилі однозначно пов'язаний з формою об'єкту; амплітуда і фаза опорної хвилі фіксовані. Тому одержаний на фотопластині розподіл почорнінь містить інформацію щодо форми об'єкту. Якщо голограму розглядати в монохроматичному світлі, що проходить або відбивається (а у ряді випадків і немонохроматичному), то можна побачити об'ємне зображення об'єкту.

Перспективні технології зберігання інформації

Серед технологій, які впроваджують, теперішнім часом є голографічна пам'ять, яка перебуває у стані лабораторних розробок. Принципи технології голографічної пам'яті такі. На першому етапі формують сторінку з цифровою інформацією у вигляді двовимірного зображення. Інформаційну сторінку створюють пристроєм, *просторовим модулятором світла* (*Spatial Light Modulator – SLM*). На другому етапі створюють голограму зображення. Лазерний промінь, потрапляє на дефлектор – систему відхиляючих напівпрозорих дзеркал (від лат. *deflecto* – відхиляю, відвожу), й розщеплюється на два промені. Один з променів, званий *об'єктним*, освітлює інформаційну сторінку; другий про-

мін, званий *опорним*, створює інтерференційну картину. Далі відбувається накладення двох променів, які створюють голограму. Голограма зберігається у середовищі, що запам'ятовує.

Для читання інформації використовують тільки опорний промінь, яким освітлюють голограму для відтворення сторінки. Зображення прочитують за допомогою матриці ПЗЗ, що є сукупністю великої кількості фотодетекторів (площадковий фотодетектор). Технологію створення голограм і принципи її зчитування представлено на рис. 4.12.

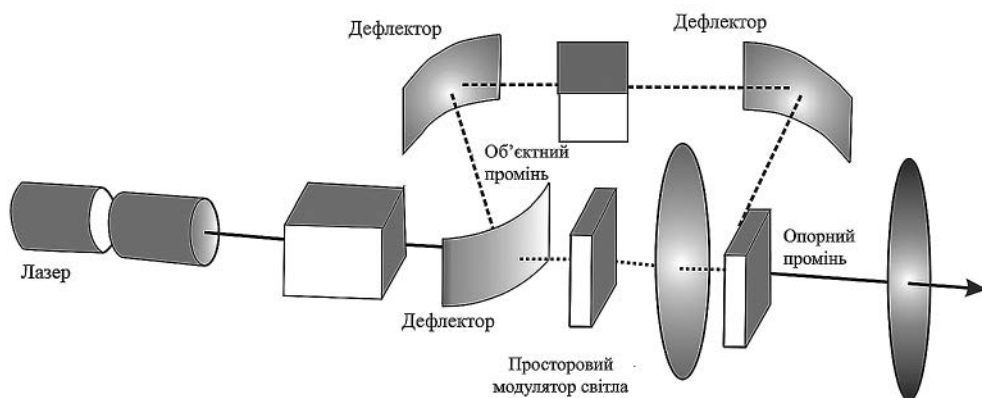


Рис. 4.12. Схема створення голограми

Перевагою голографічної пам'яті є те, що голограми зберігаються не у вигляді зображень, а у вигляді хвильових інтерференційних кодограм. Якщо розділити таку голограму на дві частини, то є не дві частини одного зображення, а два ідентичні зображення. Це означає, що випадковий дефект носія даних не призведе до втрати частини інформації. Ця властивість виявляється внаслідок надмірності інформації, характерної для всієї голограми. Для характеристики голографічної пам'яті використовують поняття об'ємної щільності запису. У середовищі, що запам'ятовує, можливо зберігання множини різних голограм, під час утворення яких змінювали довжину хвилі випромінювання лазера і його фазу. Оскільки місткість кожної інформаційної сторінки складає більше мільйона біт, а в одиничному об'ємі середовища, що запам'ятовує, теоретично можливо зберігання тисячі сторінок (так званого тома інформації), то потенційна об'ємна щільність голографічної пам'яті може досягати трильйонів біт, й «розмір» тома інформації не перевищує за габаритами монету номіналом 1 грн.

До перспективних технологій, які є у стадії проведення фундаментальних досліджень, відносять методи ближнього зондування (*proximal probe techniques*) із застосуванням мікроскопів АРМ (мікроскоп з атомним розрізненням) і STM (растровий тунельний мікроскоп). Технологія АРМ – це наведення розігрітого вістря і пропалення їм поглиблень в матеріалі носія. Розміри вістря і, отже, розміри поглиблень не перевищують декількох нанометрів (10^{-9} м). Щільність запису даних за технологією АРМ може скласти сотні гігабайт на квадратний дюйм.

Ще фантастичнішими можливостями, володітиме технологія STM, яка припускає створення схем пам'яті на молекулярному або атомарному рівні.

Голографічний запис телепередач

У звичайній фотографії на фоточутливій поверхні фіксують лише модуль вектора електричного поля випромінювання, відбитого від об'єкту, і не реєструють його фазу. Це призводить до втрати частини інформації, що перетворює, наприклад, об'ємне зображення в пласке. Розглянемо більш докладно особливості голографічного метода, що дозволяє уникнути втрати інформації щодо зображення.

Пояснимо цей метод. Нехай є два предмети *A* і *B* (рис. 4.13, *a*), які опромінювані одним когерентним джерелом світла. Якщо випромінювання створює у деякій області інтерференційну картину, тобто систему стоячих хвиль, то, за розміщенням в цьому місці фотоприймача, можна зареєструвати цю інтерференційну картину від двох об'єктів. Назвемо її голограмою *A+B*. Далі, опромінюючи голограму *A+B* ідеальною копією початкового хвильового фронту одного предмету, наприклад *A* (рис. 4.13, *б*) одержимо досконалий хвильовий фронт іншого предмету, побачимо предмет *B*. Голограма як би «відгукується» на зображення одного з своїх предметів. Як предмет *A* звичай використовують дзеркало, або це може бути будь-який інший об'єкт.

Голографія привертає увагу фахівців у області телебачення за такими властивостями:

1) великій інформативності, що дозволяє зафіксувати на чорно-білій плівці голограму кольорового об'ємного зображення;

2) завадостійкості – зображення можна відновити не тільки по всій голограмі, але і по її частині подібно до того, як можна бачити зображення не тільки в цілому дзеркалі, але і в його уламку;

3) високому контрасту відновленого зображення за низького контрасту голограми, що створюється внаслідок того, що голограма збирає в дану точку зображення світло зі всієї своєї поверхні;

4) можливості візуалізації зображення поза межами видимого діапазону (оскільки не є необхідними фокусувальні лінзи).

Теперішнім часом внаслідок технічних труднощів ще немає можливості передавати голограми засобами телебачення. Адже відстань між інтерферен-

ційними смугами на голограмі подібна половині довжини хвилі опромінювального джерела, що в світловому діапазоні складає 200–400 нм. Це вимагає від телевізійної системи розрізнення в декілька тисяч ліній на міліметр з відповідним розширенням смуги пропускання каналу зв'язку на декілька порядків. При цьому для відновлення зображення необхідні телевізійні трубки, здатні створювати на екрані зображення голограми у вигляді діапозитива, який можна було б просвітити лазерним променем за схемою рис. 4.13, б. Не зупиняючись на можливих способах реалізації голографічних телевізійних систем, відзначимо, що в даний час голографію вже застосовують для запису телевізійних зображень.

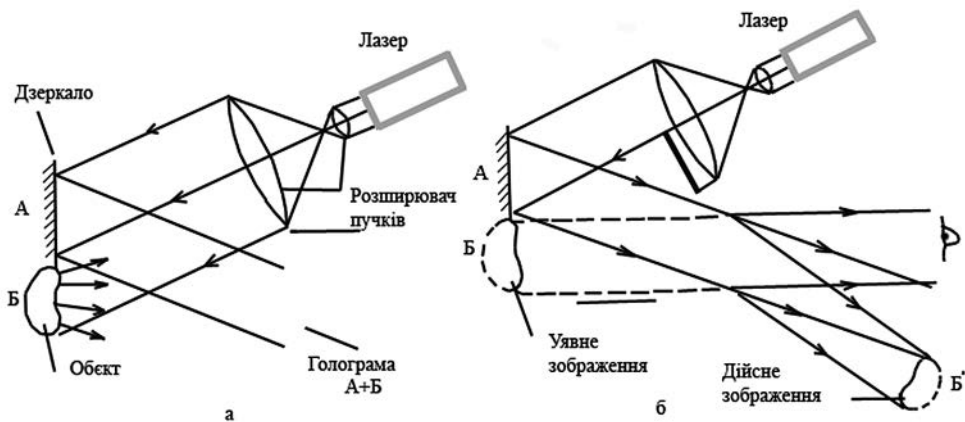


Рис. 4.13. Метод голографії:

а – з опромінюванням одним когерентним джерелом світла об'єкта А+Б;

б – відтворення зображення предмету Б

Характерна система побутового телевізійного програвача «Холотейп», розроблена фірмою RCA (США), в якій телевізійне зображення, заздалегідь зафіксоване на кіноплівці аналогічно тому, як це зроблено в системі EVR, перетворено в голографічне зображення, яке наносять на нікелеву матрицю і яке утворює на ній рельєфну голограму. Нікелеву матрицю у виробничих умовах прокатують за певної температури через ролики разом з накладеною на неї поліхлорвініловою стрічкою, на якій одержують рельєфний відбиток тієї ж голограми. У домашніх умовах стрічку 2 (рис. 4.14) просвічують лазером так, що відновлене за голограмою уявне видиме зображення виникає у площині мішені двопроменевої передавальної трубки – бівікона 3. Сигнали яскравості E_v і кольоровості E_c з виходів бівікона після посилення і перетворення поступають на вхід телевізора. Переваги системи: простота, швидкість тиражування, збереження якості зображення за значного зносу плівки (навіть з сильно потертої голограми одержують зображення без помітного погіршення), невелика ціна.

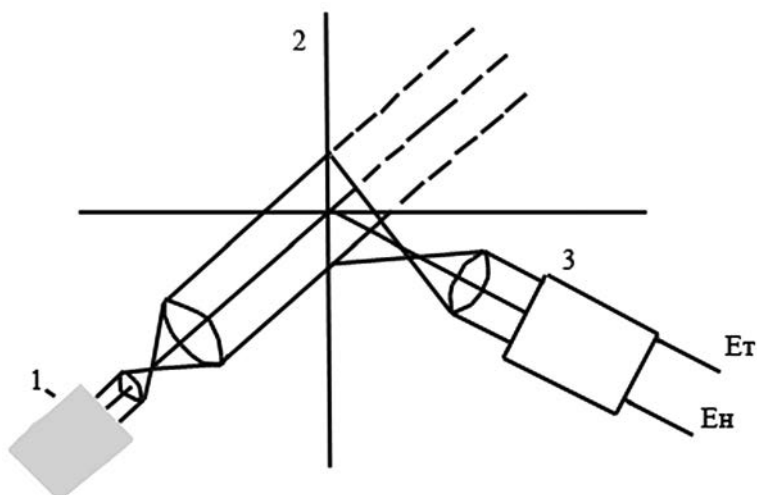


Рис. 4.14. Характерна система побутового телевізійного програвача

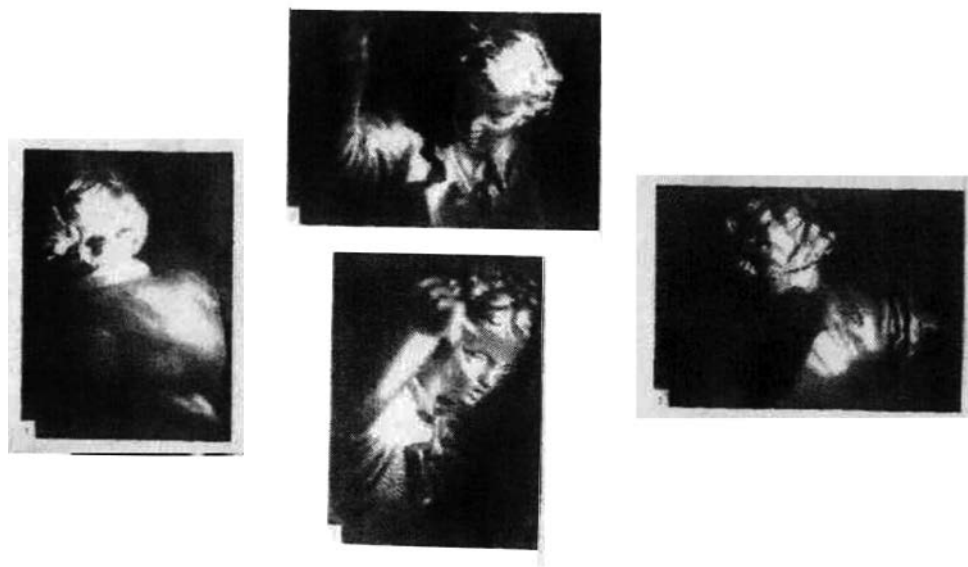


Рис. 4.15. Кіноголографія: фотографія чотирьох зображень статуетки, відновлених однією і тією ж голограмою за обертання пластинки навколо осі, перпендикулярно до її площини

Передавання голограм тривимірного об'єкту

У 1967 р. ці дослідження проведено у Франції дослідником Ж. В'єно, який продемонстрував можливість передавати тривимірну інформацію. Теперішнім часом, на жаль, відновлені зображення мають ще дуже велике зерно, а ефект

паралакса не дуже великий внаслідок невисокої роздільної здатності і невеликих розмірів чутливих поверхонь (не можна збільшити кут між хвилями – несної і модульовальної, настільки, щоб одержати високу роздільну здатність за заданих розмірів об'єкту). Розподіл інтенсивностей «прочитують» рядок за рядком, і сигнали посилюють послідовно на екран приймача через радіо канал, що складено з підсилювальних каскадів і різних систем перетворення сигналів. В результаті відбувається суттєве погіршення роздільної здатності. Істотною перевагою є можливість здійснювати передавання у реальному часі; окрім того, сигнали деяких частот можуть бути вимкнені на різних етапах шляхом фільтрації відеосигналів; нарешті, можна кодувати інформацію як на рівні голограми, так і на рівні електронного сигналу. На рис. 4.16. показана схема такого експерименту.

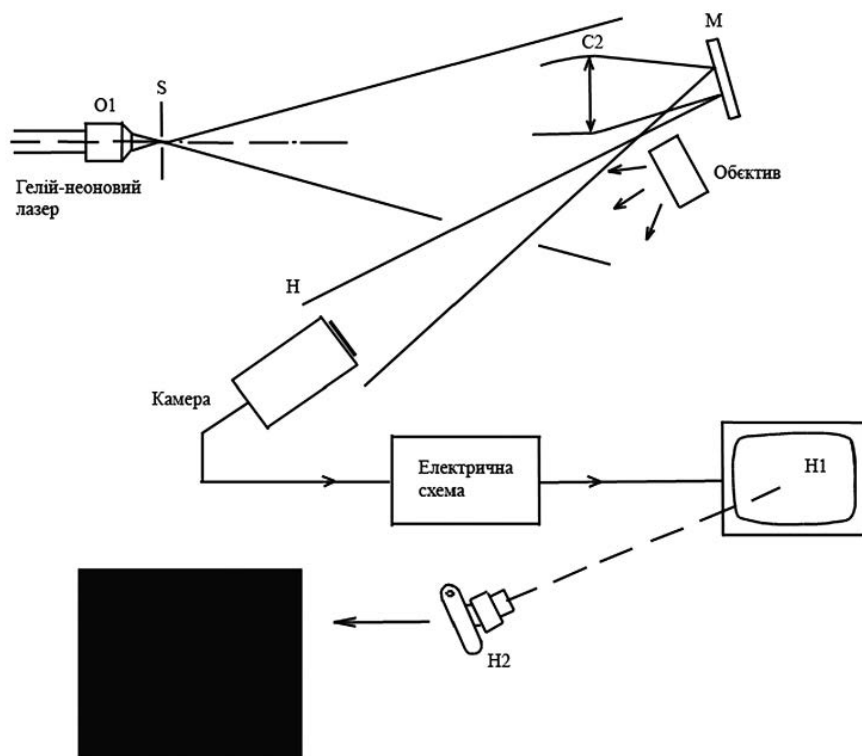


Рис. 4.16. Передавання тривимірної інформації по телебаченню.
Фотографію голограми, що з'являється на екрані приймача наведено знизу ліворуч

Недавні дослідження показали також можливість передавання голографічної інформації від джерела невеликої яскравості. Застосування голографії у спектроскопічній техніці дозволяє реєструвати спектри з роздільною здатністю $\lambda/\Delta\lambda$ близько 3000 у видимому світлі.

Розділ 5. Механічна реєстрація інформації

5.1. Механічний звукозапис (грамплатівки)

Механічна реєстрація інформації або звуковий грамзапис – спосіб запису сигналу на носій, що обертається (за годинниковою стрілкою) з постійною кутовою швидкістю (ω_{const}), та має форму диска, шляхом вирізування різцем рекордера відповідної форми канавки, розташованої за спіраллю Архімеда (з постійним кроком, рис. 5.1).

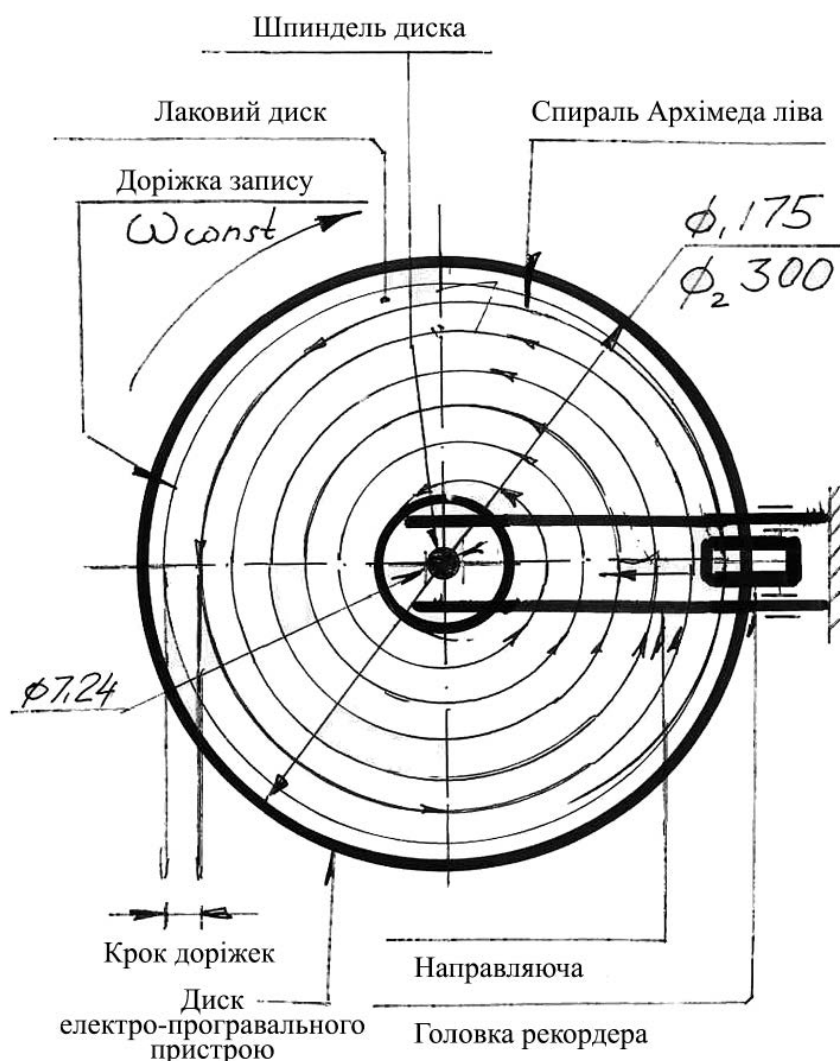


Рис. 5.1. Схема спірального запису на лаковому диску

Первинний механічний **запис** здійснюють у вигляді безперервної модульованої канавки для кожної окремої звукової програми (запис пісень, оркестру тощо) і гладкої без звивини спіралі, яка відповідає паузі між записами. Спіраль виконують різцем на спеціальному шарі лакового покриття диска. Гладкою спіраллю починається і закінчується будь-який запис. Подавання на рекордер електричного сигналу звукозапису активує різець. Він вирізує звивисту канавку, яку і називають **модульованою**.

Поперечний перетин звукових канавок за кутом між бічними гранями (сторонами) складає 90° , ширина канавки $b = 0,04$ мм, радіус закруглення дна канавки $R = 8$ мкм (для стереофонічного запису). Вид модульованих канавок (рис. 5.2 і рис. 5.3) визначає напрям коливань різця рекордера і може бути поперечними, глибинними або комбінованими. Крок спіралі складає 0,6 мм.

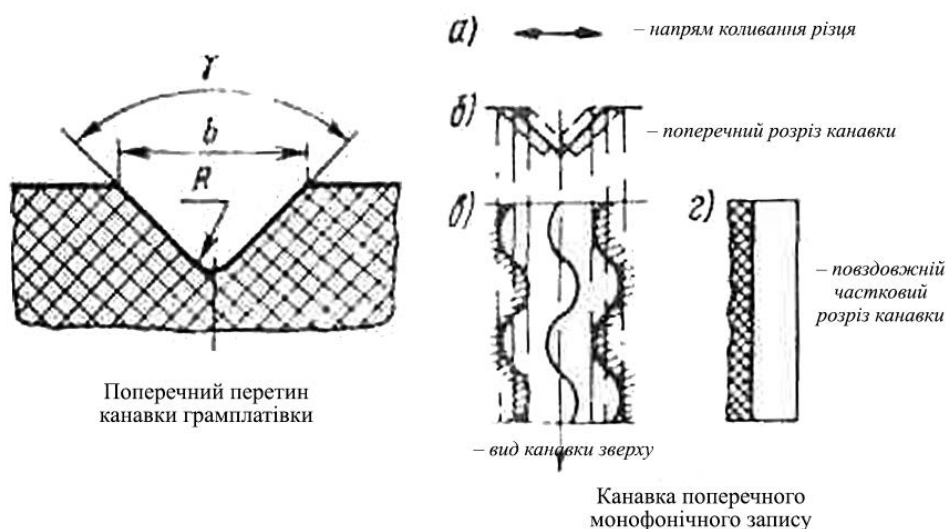
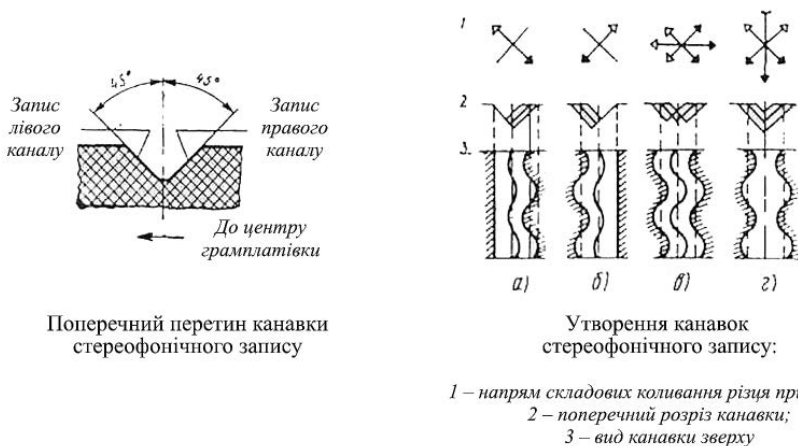


Рис. 5.2. Геометрія спіральних канавок монофонічного грамзапису

У монофонічному звукозаписі різець рекордера здійснює симетричні поперечні коливання, внаслідок чого канавка вигинається, проте її ширина і глибина залишаються завжди однаковими. У стереофонічному записі на доріжці записуються одночасно два канали – лівий і правий. Кожен сигнал в каналі окремо спричинює коливання різця у напрямі 45° до бічної поверхні сторін доріжки і 90° один до одного, тому такий спосіб стереозапису називають ще системою 45/45. На внутрішній стінці канавки, зверненої до центру диска, записують сигнал лівого каналу, а на зовнішній стінці – сигнал правого каналу. Залежно від характеру електричного сигналу коливання різця (голки під час відтворення) можуть відбуватися у всіх напрямках.



Поперечний перетин канавки
стереофонічного запису

Утворення канавок
стереофонічного запису:

1 – напрям складових коливання різця при записі;
2 – поперечний розріз канавки;
3 – вид канавки зверху

Рис. 5.3. Геометрія спіральних канавок стереофонічного грамзапису:

а – запис тільки правого каналу; б – запис тільки лівого каналу;
в – стереофонічна запис; г – монофонічна з глибинним записом

Стандартом встановлено дві швидкості обертання диска: $33 \frac{1}{3}$ і 45 об/хв, які дозволяють забезпечити високу якість відтворення. Швидкість 78 об/хв в наш час не застосовують. Під час запису рекордер забезпечує прямолінійний рух від краю диска до центру (тангенційний), а безпосередньо рекордер (не його головка) містить масивний маховик, до торцевої поверхні якого притискається вакуумним відсмоктуванням лаковий диск (рис. 5.4). Направляючи прямолінійного руху головки рекордера балочно укріплені на обох сторонах маховика на спеціальних стійках. Головка рекордера має самостійний привід від електродвигуна з ходовим гвинтом. На направляючих ліворуч розташовано мікроскоп для візуального контролю одержуваних доріжок запису.

Після запису з лакового диска гальванічним способом на сталевий високоміцний диск роблять копію – **негатив** фонограми або, так званий, перший оригінал. Він є матрицею для пресування **пластмасових платівок** (щільних) за невеликого тиражу або для виготовлення з нього подальших оригіналів для серійного виготовлення платівок.

Відтворення механічного грамзапису здійснюють на спеціальних електропрогравальних **пристроях** (ЕПП), які містять рушійний механізм, звукознімач і попередній підсилювач відтворення.

Більшість ЕПП мають **поворотний** рух звукознімача відносно масивного диска рушійного механізму (рис. 5.5, а) і лише деякі моделі мають **тангенційний (радіальний)** рух головки звукознімача (рис. 5.5, б).

Найголовнішим елементом ЕПП є його рушійний механізм, який містить масивний диск великого діаметру (зазвичай понад 300 мм), виготовлений з листової штампованої сталі або алюмінієвого литва під тиском (рис. 5.6, а і рис. 5.6, б). Диск обертається за годинниковою стрілкою і його рух здійснено за схемами непрямого і прямого приводу.

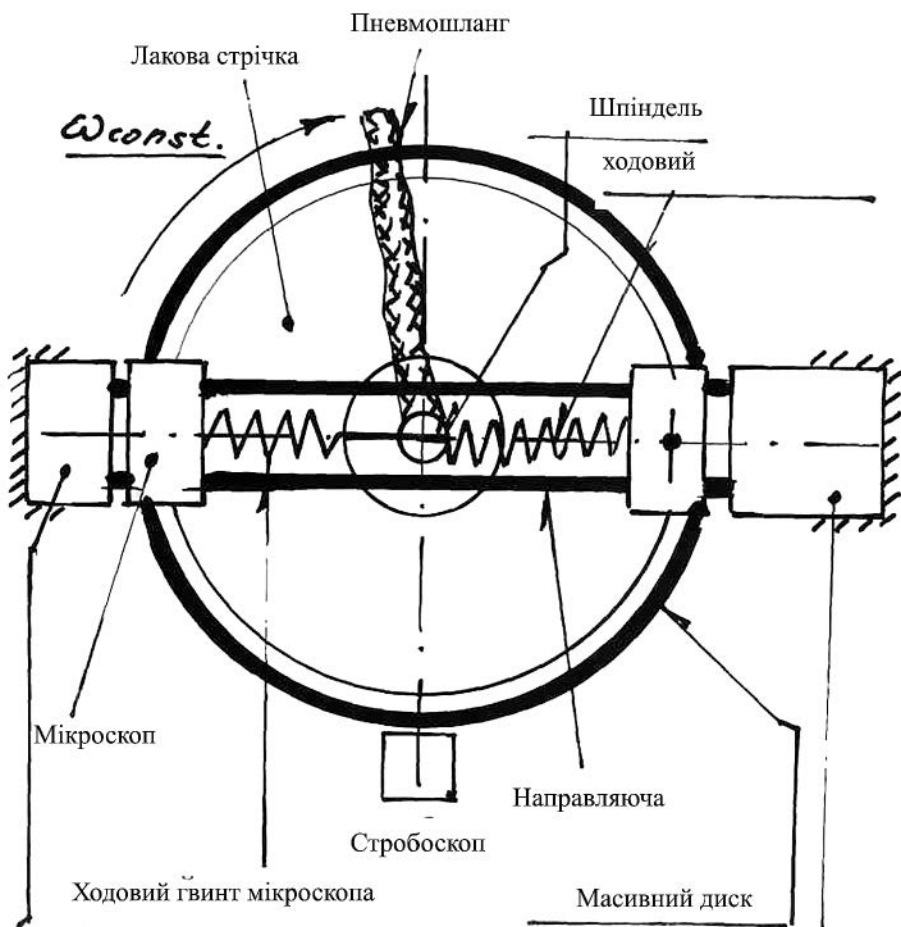
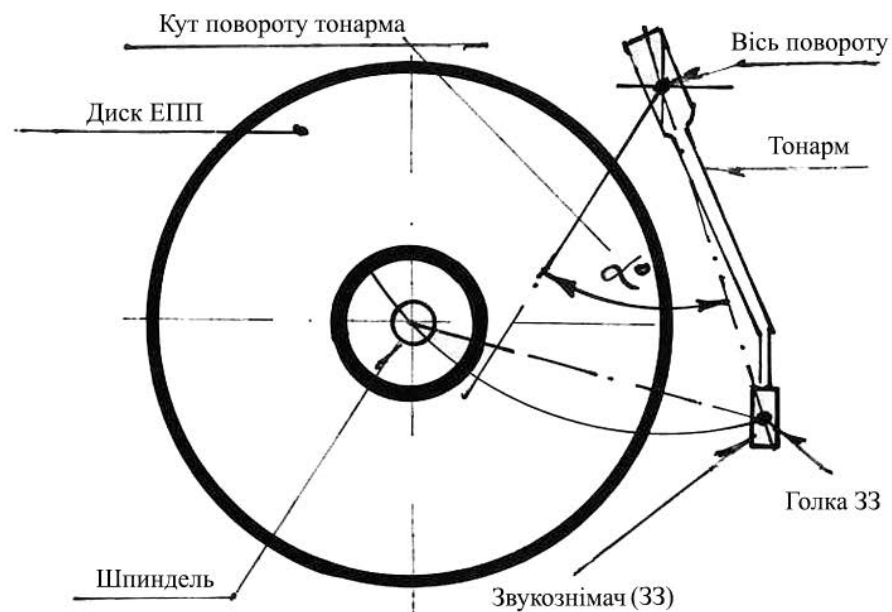


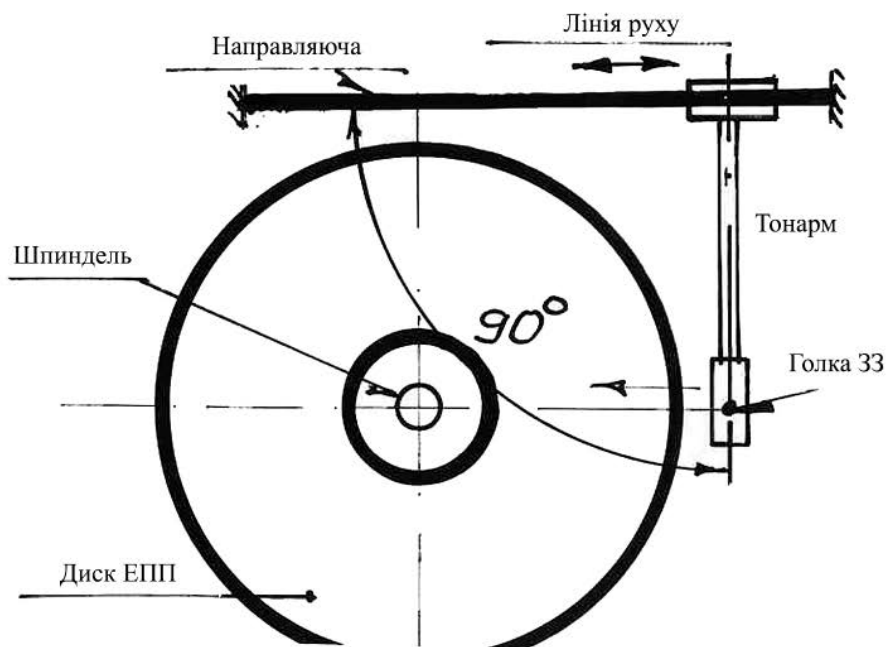
Рис. 5.4. Конструкція апарату звукозапису (рекордера)
з прямолінійним рухом головки рекордера

Більшість ЕПП мають **поворотний** рух звукознімача відносно масивного диску рушійного механізму (рис. 5.5, *а*) і лише деякі моделі характеризує **тангенційний (радіальний)** рух головки звукознімача (рис. 5.5, *б*).

Історично на початку розвитку ЕПП з'явилися схеми непрямого приводу (рис. 5.6, *а, б, в*), коли низько-швидкісний (78, 45 і 33 1/3 об/хв) масивний диск починав обертання від високошвидкісного (2800 об/хв) асинхронного електродвигуна змінного струму через роликову фрикційну передачу (гумовий ролик – сталева насадка на вал), рис. 5.6, *а*. Оскільки передатне число має велике значення ($2800/33=84$), то часто застосовують двоступеневі комбіновані передачі на маховик: три-ступеневий шків – гумовий ролик (фрикційна передача) і шків електродвигуна – три-ступеневий шків – пасова передача (рис. 5.6, *б*). Останню відносять до комбінованих передач. Першу і другу кінематичні схеми приводу диска ЕПП за високої стабільності роботи характеризують ненадійністю довго-



a



б

Рис. 5.5. Схеми руху тонарма диска в ЕПП:
a – поворотний; *б* – тангенційний

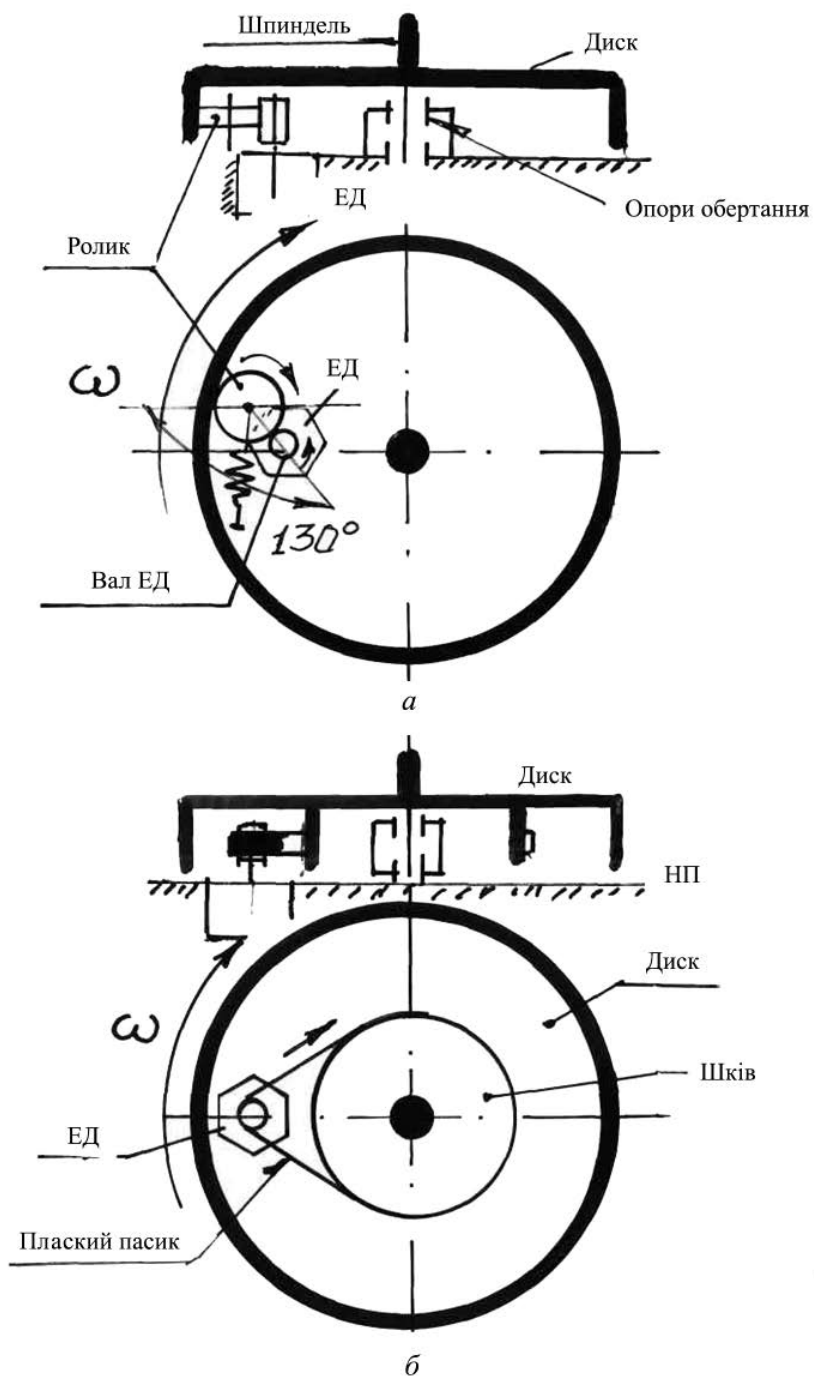


Рис. 5.6. Кінематичні схеми не прямого привода дисків ЕПП

тривалої експлуатації зважаючи на старіння гуми як матеріалу з великим рівнем детонації. Найідеальнішу передачу обертання на масивний диск ЕППІ реалізовано у винаході за авторським свідоцтвом № 781931, де обертання забезпечено магнітною індукційною муфтою на алюмінієвий диск за ефектом вихрових струмів. У цій схемі не має пар, що труться, і жорсткого зв'язку з маховиком, унаслідок чого вона є високопрецизійною і високонадійною передачею (рис. 5.7). Магнітна індукційна муфта виконана у вигляді двох чашоподібних магнітом'яких дисків,

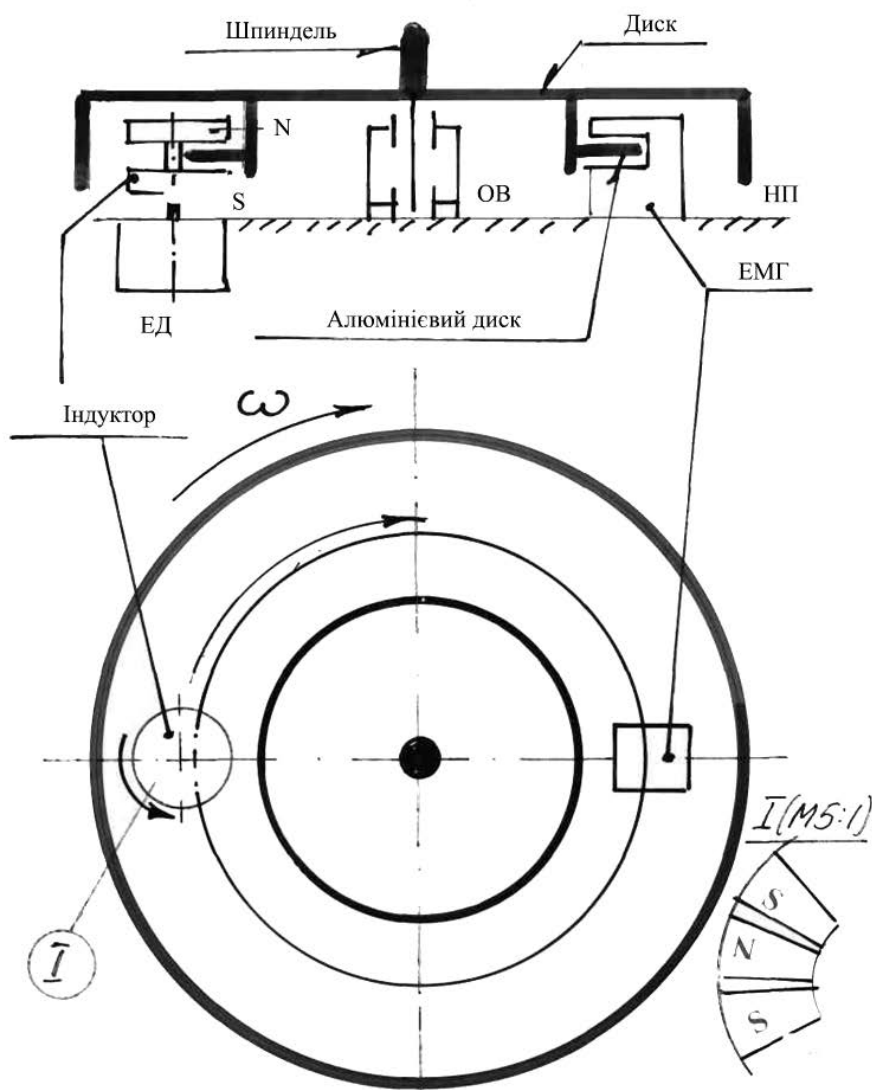


Рис. 5.7. Кінематична схема індукційного непрямого приводу диска ЕППІ за авторським свідоцтвом № 781931

усередині яких розміщено два дискові постійні магніти з неявно вираженими різнополюсними намагніченими 6-8 секторами (рис. 5.7, а). Магнітні секторні полюси N і S у двох чашоподібних дисках розташовано різними полярностями, тому магнітне поле муфти, що обертається, перетинає за алюмінієвий диск і індукує в ньому вихрові струми, струми спричиняють магнітний потік, і взаємодія двох потоків призводить до обертання диска ЕПП за принципом роботи магніто-електричних машин.

Важливим питанням приводу масивного диска – це перемикання швидкостей обертання (45 або $33\frac{1}{3}$ об/хв), що досягається спеціальним механічним перемикачем, що перекидає гумовий ролик з шківу одного діаметру на інший (перші дві схеми). За третій кінематичній схеми зміну швидкості обертання диска забезпечують перемиканням швидкості обертання ротора електродвигуна і системи електромагнітного гальмування (ЕМГ) (рис. 5.8).

Фрикційна передача з гумовим роликом є досить жорсткою і має великий коефіцієнт детонації і рівня шуму, тому краще застосовувати пасову передачу, що має велику еластичність і добре демпфує нерівномірності коливання швидкості обертання електродвигуна ЕПУ. Ремінну передачу часто застосовують в ЕПУ першого і вищого класу, а фрикційну – в механізмах 2, 3 і 4 класів.

Індукційну передачу переважно застосовують в ЕПУ вищого класу, де рівень детонації і гуркоту повинні бути найменшими.

Механізм ЕПУ першого і другого класів з непрямым приводом масивного диска (рис. 5.9) складено з несівної плити з листової сталі завтовшки 1,5 мм, на якій встановлено головний двигун з три-ступеневою насадкою на його валу, з якою сполучено підпружинений фрикційний ролик. Масивний диск, виконаний точковим зварюванням з двох штампованих чашоподібних дисків з листової сталі завтовшки 2 мм, встановлених на загальному валу і проточених радіально щодо останнього з биттям не більше 0,01 мм. Механізм містить також множину важелів перемикання, штампованої листової сталі (ознакою не високоякісної продукції побутового призначення).

Елементи конструкції ЕПП наведено на рис. 5.10. Він містить загальний несний корпус, на якому розміщено на амортизаторах приводний механізм з диском, тонаром із звукознімачем, стробоскоп частоти обертання диска і на поворотній петлі прозора коробчаста кришка з полістиролу.

Дуже перспективним в ЕПП вищого класу є прямий привід масивного диска механізму (рис. 5.11), який має мінімальний коефіцієнт детонації і гуркоту.

Безпосередній привід

Безпосереднім (прямим) приводом називають пристрій приводного механізму ЕПП, що містить надтихохідний електродвигун, який обертається з частотою, що відповідає частоті обертання грамплатівки, і власне диска, скріпленого з електродвигуном.

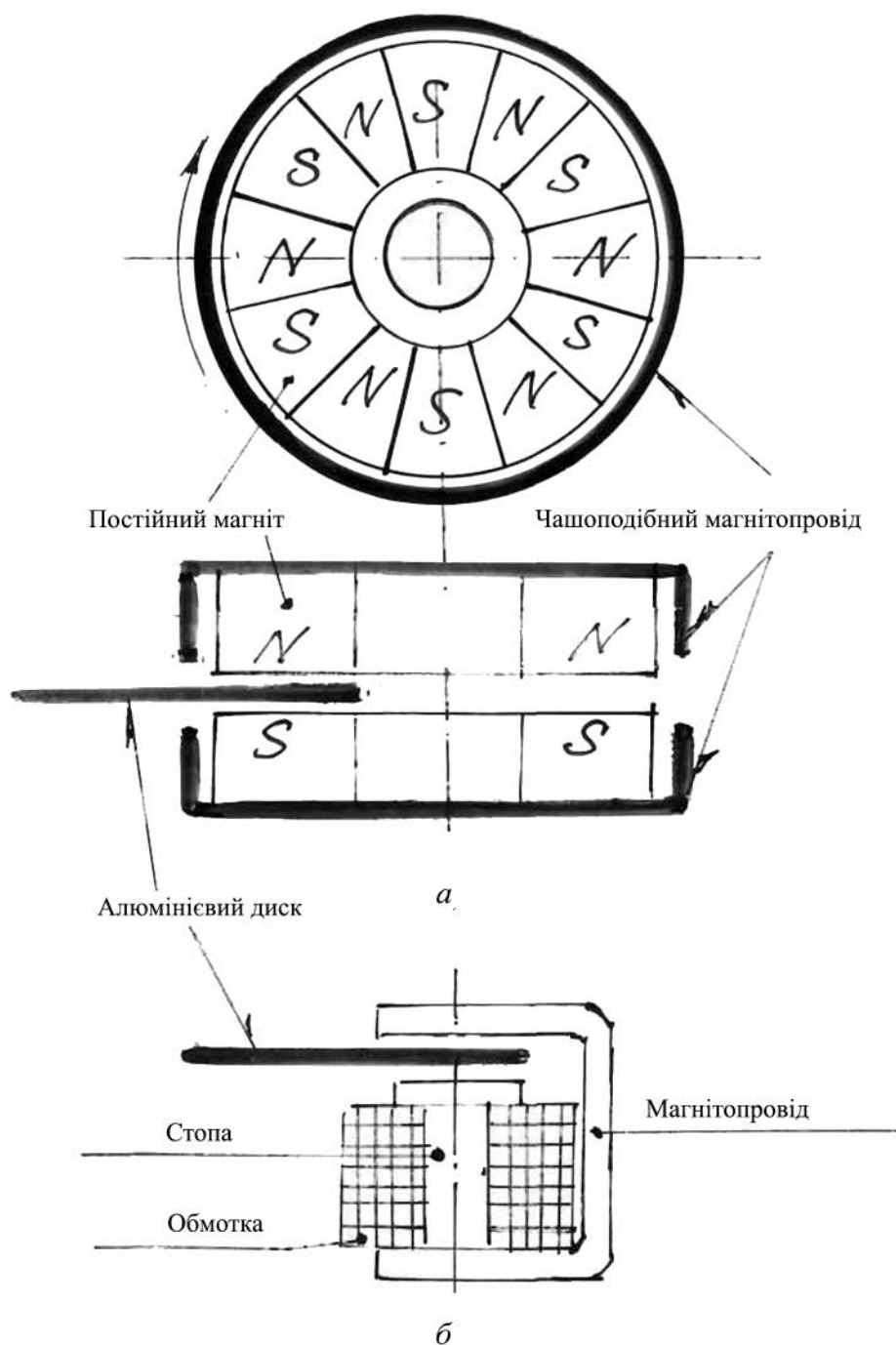


Рис. 5.8. Конструкції: *a* – індукційної муфти и *б* – електромагнітного гальма ЕМГ



Рис. 5.9. Зовнішній вид ЕПП першого і другого класу



a



б

Рис. 5.10. Прямий привод дисків ЕПП:

a – особливості конструкції прямого приводу, *б* – перемикач швидкості обертання диску

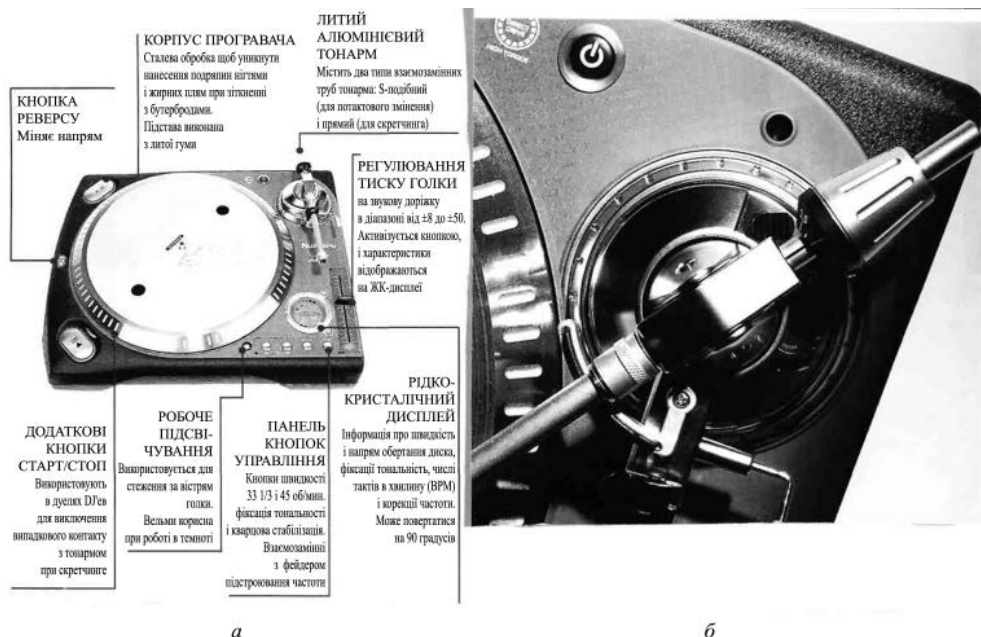


Рис. 5.11. Конструкція ЕПП з прямим приводом диска вищого класу:
а – загальний вигляд; б – пристрій регулювання притискування та мікроліфту

У безпосередньому приводі механічна передача редуктора відсутня. Електродвигуни, застосовні у такому приводі, як правило, мають електронні схеми управління.

Перевагами безпосереднього приводу є забезпечення стабільної частоти обертання за змінах механічного навантаження і напруги мережі живлення, забезпечення підвищених показників ЕПП за рівнем гуркоту (не гірше – 60 дБ), забезпечення стабільності електромеханічних параметрів ЕПП в часі внаслідок відсутності вузлів і деталей передавального механізму, що піддано механічному зносу і старінню в період експлуатації.

Безпосередній привод задовольняє сучасним вимогам, що пред'являють до механізмів ЕПУ вищого класу, а за конструкцією є найбільш досконалою реалізацією кінематичної схеми висококласного пристрою.

В електроприводі ЕПП використовують електродвигуни постійного струму, – безколекторні торцевого (наведено на рисунку 5.10) або радіального виконання. Такого типа електродвигуни широко застосовують в рушійних механізмах лазерно-оптичного запису (CD-ROM і DVD), магнітного відеозапису на стрічку і магнітні диски. Двигуни містять секторні обмотки статора, розпаяні на друковану плату електронного комутатора, торцевий дисковий постійний магніт на 4-6 полюсів і ротор зі шпинделем та опорами обертання.

Звукознімач

Звукознімач ЕПП – це вбудований прилад для електричного відтворення механічного звукозапису з грамплатівок, що містить головку звукознімача – перетворювач механічних коливань голки в електричні сигнали, і тонарм – вузол, який забезпечує переміщення голки з головкою по грамплатівці.

Головка звукознімача

Головка звукознімача – це високоточний електромеханічний прилад, що вбудовано в тонарм і призначений для перетворення механічних коливань голки, модульованих канавками грамплатівки, що обертається, в електричні сигнали або в зміни параметрів електричного кола звукознімача. Саме від головки звукознімача в основному залежать електромеханічні параметри звукознімача і всього ЕПП: частотна характеристика (діапазон відтворних частот і нерівномірність частотної характеристики), чутливість, розбаланс звукознімача за чутливістю стереоканалів і частотній характеристиці, розділення між стереоканалами, горизонтальна гнучкість рухомої системи звукознімача.

Найважливішим параметром головки, що характеризує умови її експлуатації, є притискна сила звукознімача, що є механічною силою, яка діє на канавки грамплатівки через голку. Значення її не може бути вибрано довільно і визначається надійністю проходження, тобто здатністю голки бути в безперервному рухомому контакті з обома стінками канавки. Критерієм надійності проходження є мінімальна притискна сила, що забезпечує вищезгадану здатність.

П'єзоелектричні головки звукознімача

П'єзоелектричними головками звукознімача називають головки, корисний сигнал – електрорушійна сила (ЕРС) яких обумовлено деформацією п'єзоелемента, що виникає за коливання голки.

У сучасних п'єзоелектричних головках звукознімача використовують керамічні п'єзоелементи з титанату барію або більш чутливіші з кераміки на основі цирконата і титанату свинцю (ЦТС-19), які виконані у вигляді пластин або трубок. Найбільшого поширення набув трубчастий п'єзоелемент, завдовжки 15 мм з посрібленими електродами, нанесеними за зовнішнім діаметром (розмір діаметру 1,3 мм) з двох протилежних сторін.

Принцип дії стереофонічної п'єзоелектричної головки звукознімача з трубчастими керамічними п'єзоелементами показано на рис. 5.12. В процесі дії модульованої канавки грамплатівки на голку 1 остання одержує механічні коливання, які через стрижень голкотримача 2 і гнучкий передавач (повідець) 3 передаються п'єзоелементам 4, закріпленим консольно у демпфері 5. Від вигину на електродах кожного п'єзоелемента виникають заряди протилежного знаку, значення яких пропорційно амплітуді відхилення голки. Електроди п'є-

зоелементів електричне пов'язані з виводами 6. Демпфер 5 призначений для гасіння паразитних резонансних коливань п'єзоелементів. Коливання голки передаються за двома напрямками під кутом 45° до грамплатівки, відповідно напрямом лівого і правого каналів пропорційно амплітуді відхилення голки.

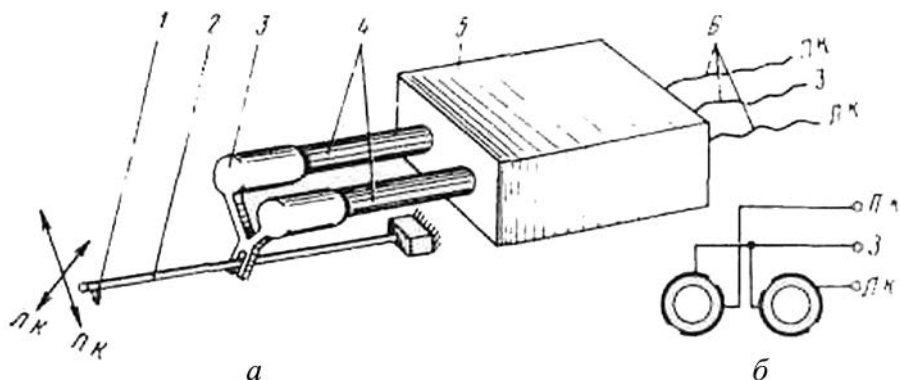


Рис. 5.12. Схеми п'єзоелектричної стереофонічної головки звукознімача:
 а – конструктивна схема перетворювача головки з трубчастими п'єзоелементами;
 б – електрична схема під'єднування виводів;
 З – земля; ЛК – лівий канал; ПК – правий канал

П'єзоелектричні головки звукознімачів випускають як в монофонічному, так і в стереофонічному виконанні.

Недоліками п'єзоелектричних головок звукознімача у порівнянні з магнітними – це недостатньо широкий діапазон частоти відтворення, мала гнучкість рухомої системи звукознімача ($1,1 \cdot 10^{-3}$ м/Н) і порівняно велика її притискна сила (50-70 мН), значний розкид параметрів від зразка до зразка, нестабільність параметрів за часом, чутливість їх до змінення температури і вологості навколишнього середовища, необхідність високоомного навантаження (0,5-2 МОм); значна тривалість перехідних процесів (60-100 мкс).

Перевагами п'єзоелектричних головок є їх висока чутливість [50-140 мВ/(см/с)], що забезпечує можливість підключення ЕПП безпосередньо до входу підсилювача низької частоти радіоапаратури із стандартною чутливістю 250 мВ без додаткового попереднього корегувального підсилювача, і лінійність перетворення, що не вимагає додаткової корекції сигналу; низьку чутливість до магнітних полів, що не вимагає додаткових заходів з екранування вузла перетворювача, і невеликі витрати в процесі виготовлення.

Наближаючись за якістю відтворення до магнітних головок, п'єзоелектричні головки застосовні в недорогій радіоапаратурі забезпечують високоякісне відтворення широкому колу споживачів.

Магнітні головки звукознімача

Магнітними головками звукознімача називають головки, корисний сигнал (ЕРС) яких обумовлений електромагнітною індукцією, що виникає під час коливань голки.

Магнітні головки звукознімача за типом електромеханічного перетворювача поділяють на головки а) з рухомим осердям, б) з рухомим магнітом, в) з «індукованим» магнітом, г) з рухомими котушками.

У магнітних головках звукознімача з рухомим осердям електромеханічне перетворення здійснюють внаслідок зміни магнітної проникності на шляху магнітного потоку за коливаннями рухомого магнітом'якого якоря, механічно пов'язаного з голкою звукознімача, відносно нерухомих полюсів магнітопроводу, де розміщено котушки індуктивності. На рис. 5.13 зображено схему магнітної головки звукознімача з рухомим осердям (для простоти – в одноканальному виконанні). Голкотримач 1 коливає феромагнітне осердя 2 між полюсами магнітопроводів 3, де розміщено котушки індуктивності 4, в яких внаслідок змінення магнітного потоку (магнітного опору) індуковано ЕРС пропорційно коливальній швидкості голки. Недоліком магнітної головки звукознімача з рухомим осердям є наявність нелінійних спотворень, які виникають за певних умов у результаті магнітного насичення якоря, а перевагою – відносна простота конструкції, що не вимагає дорогих матеріалів.

У магнітних головках звукознімача з рухомим магнітом електромеханічне перетворення здійснюють внаслідок коливання рухомого магніту, механічно пов'язаного з голкою звукознімача щодо нерухомих котушок індуктивності з

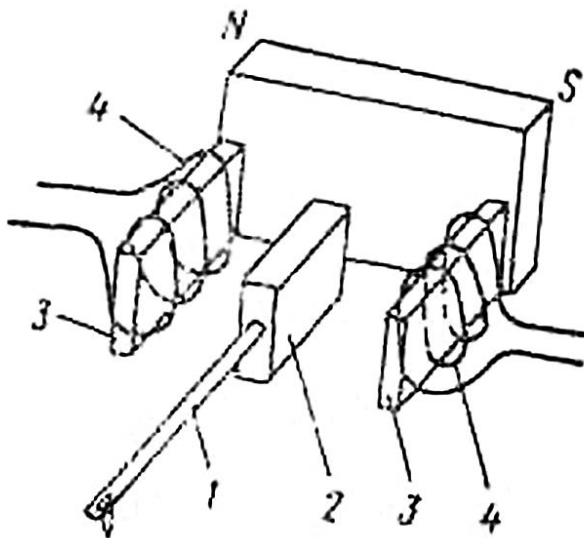


Рис. 5.13. Схема магнітної головки звукознімача з рухомим осердям (один канал)

магнітопроводами. На рис. 5.14 зображено схему магнітної головки звукознімача з рухомим магнітом. Голкотримач 1 коливає жорстко закріплений з ним постійний магніт 2 між полюсними наконечниками лівого 3 і правого 4 каналів з розміщеними на них котушками індуктивності 5 і 6, в яких за коливання магніту індукується ЕРС пропорційно коливальній швидкості голки. Еластична втулка 7, відносно якої коливаються голка і магніт, є центром тяжіння рухомої системи звукознімача. Поліпшення параметрів досягнено в *магнітній головці звукознімача з «індукованим» магнітом* (рис. 5.14), в якому замість рухомого магніту 2 застосовано феромагнітне рухоме осердя 8 і постійний магніт 9. Недоліками магнітних головок звукознімача з рухомим і «індукованим» магнітом є необхідність застосування магніту з великою магнітною енергією для підвищення чутливості головки, а також потреба у зменшенні маси рухомої системи для забезпечення верхньої граничної частоти частотної характеристики.

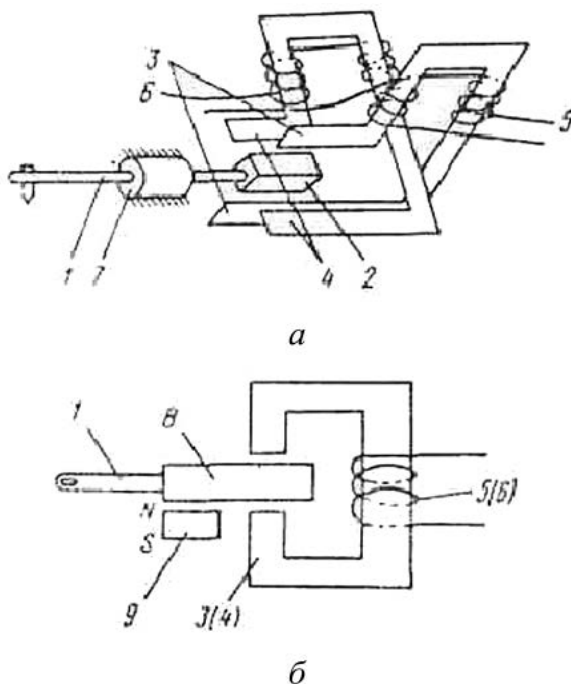


Рис. 5.14. Схема магнітної головки звукознімача:
а – з рухомим магнітом; б – с «індукованим» магнітом (один канал)

У магнітних головках звукознімача з рухомими котушками електромеханічне перетворення здійснюють внаслідок коливання рухомих котушок індуктивності, механічно пов'язаних з голкою звукознімача, відносно нерухомого магнітного поля.

Перевагами магнітних головок у порівнянні з п'єзоелектричними головками звукознімача є: забезпечення ширшого діапазону відтворювальних частот (20-20 000 Гц і більше) внаслідок різкого зменшення маси рухомої системи головки звукознімача і підвищення її гнучкості, різке зменшення притискної сили звукознімача (до 15-20 мН і менше) внаслідок підвищення горизонтальної гнучкості рухомої системи (до $10 \cdot 10^{-3}$ м/Н і вище), краще проходження канавок грамплатівки; істотне поліпшення розділення між стереоканалами, розбалансу звукознімача за чутливістю і частотній характеристиці внаслідок чіткішої системи перетворення механічних коливань в магнітній головці, зменшення часу протікання перехідних процесів (30-60 мкс, а для магнітної головки з рухомими котушками – від 20 до 30 мкс).

Недоліками магнітних головок є їх чутливість до магнітних полів, зокрема наведенням змінного струму, що вимагає додаткових конструктивних заходів щодо екранування вузла перетворювача, а також низька чутливість головки і необхідність корекції частотної характеристики, що вимагає обов'язкового застосування попередніх корегувальних підсилювачів звукознімача.

Останнім часом відбулося відродження механічної реєстрації звуку, з вініловими платівками, які широко застосовують на дискотеках та інших масових заходах (рис. 5.15). Багато закордонних фірм, наприклад SONY, почали знов випуск високоякісних ЕПП для вінілових платівок.



Рис. 5.15. Високоякісне ЕПП для вінілових дисків

5.2. Механіко-відтискова реєстрація зображень

Механіко-відтискова реєстрація зображень (МВРЗ) за об'ємом продукції є найбільш поширена (вище на порядок-два) у порівнянні з іншими видами фіксації зображень. Назва походить від слова **відтиснення** – відбиток на папері або іншому матеріалі з будь-якої друкарської форми, покритої фарбою або без неї у разі контакту між ними.

МВРЗ охоплює продукти і пристрої, що являють побутову, науково-технічну, інтелектуальну, історичну і економічну цінність для людства:

- всі види поліграфічних матеріалів (книги, журнали, газети, реклами, гроші тощо);
- всі види друкарських зображень на текстильному матеріалі (рисунок, тексти тощо);
- текстово-цифрові матеріали з друкувальних машин, і телеграфних апаратів (описи, статті, вітальні телеграми тощо.);
- цифровий друк технічних інформаційних параметрів апаратури ТРІ (напруги мережі, швидкості тощо);
- всілякий друк і кутові штампи підприємств, установ і фірм;
- нагородна і значкова продукція (медалі, ордени, всілякі значки на металі).

МВРЗ розрізняють за типом носія зображень на системи з гнучким (папір, тканина) і жорстким (тонколистові латунь, алюміній, нейзильбер та ін.) носієм інформації (рис. 5.16 і рис. 5.17).

Сутність МВРЗ з гнучким носієм інформації (рис. 5.16) полягає в тому, що в процесі запису виконують рельєфне дзеркальне зображення, наприклад, на, так званому, формовому циліндрі (друкарська форма), до якого притискають зверху із зусиллям P інший, за звичай гумовий друкарський циліндр. Між двома циліндрами розміщують смугу гнучкого носія (папір, тканина), яку за обертанням нижнього приводного циліндра від електродвигуна транспортують з постійною лінійною швидкістю v_n , згідно вказаної стрілки аналогічно транспортуванню магнітної стрічки у механізмах магнітного запису (приводний вал – притискний гумовий ролик). Дзеркальне зображення нижнього формового циліндра, звичайно металевого, зволожують друкарською або іншою фарбою від спеціального фарбувального пристрою. Фарбу відтисковим способом переносять на гнучкий носій та після виходу останнього із зони контакту двох циліндрів і носія вона міцно утримується на ньому. Цю схему застосовують для одноколірної МВРЗ (чорно-білий, червоний, зелений, коричневий тощо). Для багатоколірної МВРЗ процеси є значно складніше.

Сутність МВРЗ на жорсткий носій інформації (рис. 5.17) полягає в тому, що дзеркальне рельєфне зображення виконують на торці верхнього циліндра, виготовленого з інструментальної високовуглецевої сталі наприклад марки У8–У12 і потім загартованого до твердості 48-52 одиниць за Роквеллом (одна сторона медалі, значка). Верхній циліндр іменують пуансоном. Якщо зобра-

ження на жорсткому носії повинне бути двостороннім, то на торці нерухомої нижньої частини – матриці також виконують рельєфне дзеркальне зображення другої сторони об'єкту (медалі, значка тощо). Матрицю виконують з такого ж матеріалу, як і пуансон і так само піддають загартуванню. Для жорсткого носія зображення застосовується м'який листовий метал з алюмінієвих сплавів (АМц-М, АМц-П), латуні (Л62-М), бронзи, нейзильберу, золота, срібла, платини тощо. Носій зображення розмішують між торцями рухомого пуансона і нерухомої матриці.

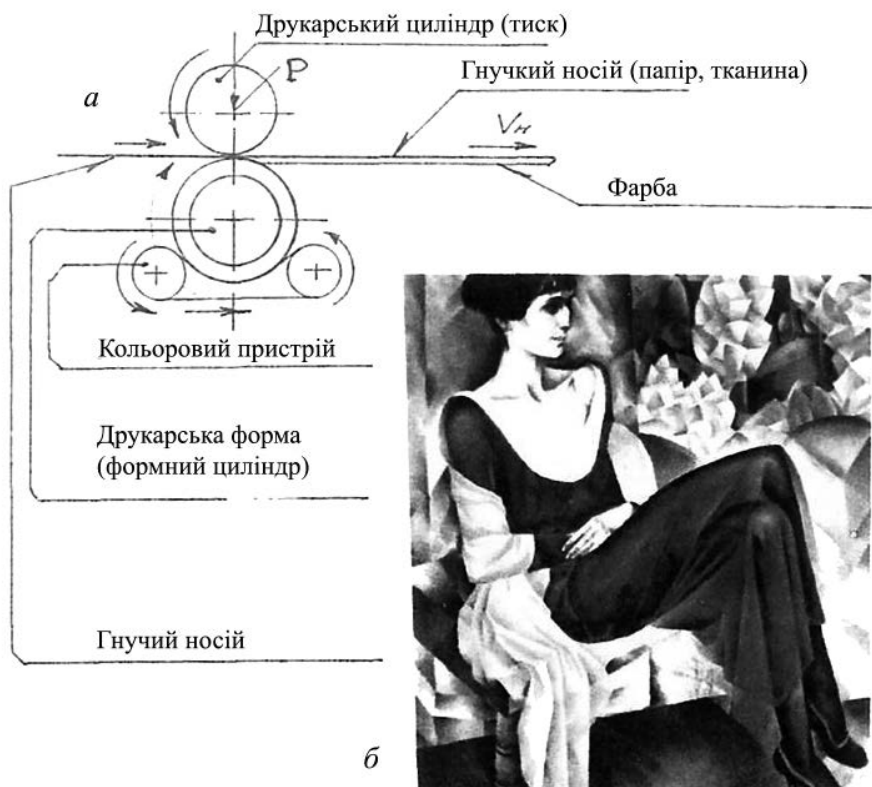


Рис. 5.16. Принцип МВРЗ на гнучких носіях (папір, тканина):
а – схема пристрою друку; б – друкарська продукція

Під час прикладення за вертикаллю значного зусилля F (сотні кілограм як за штампування листових деталей) рельєфне зображення з пуансона і матриці вдвлюється в м'який носій і залишає своє відтиснення на поверхні деталі, але вже прямого вигляду. Потім ці зображення можуть покривати різними кольоровими фарбами або гальванічними покриттями (сріблом, золотом, нікелем та ін.) що, утворює відмінне зображення заданих об'єктів.

Тепер розглянемо детальніше всі види МВРЗ.



Рис. 5.17. Принцип МВРЗ на жорстких носіях (метал):
а – схема пристрою; б – приклади нагород і значків

МВРЗ текстових і цифрових матеріалів друкарськими й цифродрукарськими машинками на гнучкому носії інформації

Цей вид МВРЗ виконують на спеціальних механічних або електромеханічних друкарських машинках – це апарат для послідовного нанесення на папір відтиснених букв, цифр та інших знаків для створення наукової і технічної літератури, статей, листів, наказів тощо. Робота на друкарських машинках, яку виконують ударами пальців по клавішах, що приводить в рух систему важелів, на кінцях яких укріплено літерний і цифровий шрифт з глибоким рельєфом, зазвичай з цинкових сплавів. Шрифти ударяють копіювальну одно-, дво- або трибарвну стрічку, яка передає їх відтиснення на папір стандартних розмірів. Остання має глибокий механічний контакт (на 180°) з гумовим барабаном (валом) діаметром 40-50 мм (рис. 5.18), який створює м'який контакт і шрифтом зображення букв і цифр, й забезпечує хорошу якість і довгий термін експлуатації шрифтів і машинок. Барабан, крім того, виконує стрибкоподібне переміщення паперу в кінці друку рядка на величину вказаного інтервалу (один, півтора, два) між друкарськими строчками. Папір притискають до барабана спеціальними роликами (декілька пар), що виключають її прослизання при друці і стрибкоподібному переміщенні. Папір на барабан заправляють позаду нього і зверху. Він охоплює його на 180° , виходить з лицьової сторони оператора і підіймається вгору під час друку з невеликим нахилом (порядку 30°) від оператора, та утримується в цьому положенні спеціальною пласкою пластиною.

Барабан встановлюють на спеціальній рухомій каретці прямолінійного переміщення (сталеві кульки, встановлені в сепараторі та обмежені з двох сторін призматичними прямолінійними направляючими). Внутрішні дві призматичні направляючі, відкриті 90° пазами назовні, розміщені жорстко на рухомій каретці, а зовнішні, відкриті такими ж пазами у середину, розміщені нерухомо на несному корпусі машинки. Барабан з рухомою кареткою рухаються вздовж лінії, яка перпендикулярна до напрямку погляду оператора. Рухома каретка може мати довжини 24 см на нормальний лист формату А4 і 45 см на великий лист формату А3 (297 x 420 мм).

На несному корпусі машинки розташовано клавіші з важелями шрифту, секторно направляючими з центральним пазом-ловцем кінців важелів з шрифтом, механізм переміщення копіювальної стрічки з подавальним і приймальним рулонами її, механізм автоматичного реверсу (зміни напрямку) руху стрічки, електродвигун з приводним зубчатим пасом (якщо машинка електрична), механізм перемикання інтервалів друкованих рядків, перемикач рядкових та великих літер, механізм переміщення рухомої каретки нерухомими призматичними направляючими, захисні кришки і опорні гумові ніжки (рис. 5.18).

Клавіші з важелями зазвичай, 42-46 штук, а набір шрифтів виконано у два ряди за вертикаллю, на кожному з них великі та рядкові літери, символи і цифри. Розташування важелів відносно нерухомого стрічкоподавача, де відбува-

ється друк на папір, має пелюсткову (ромашкову) форму: в центрі важелі сходяться, а по зовнішньому колу розходяться як пелюстки.

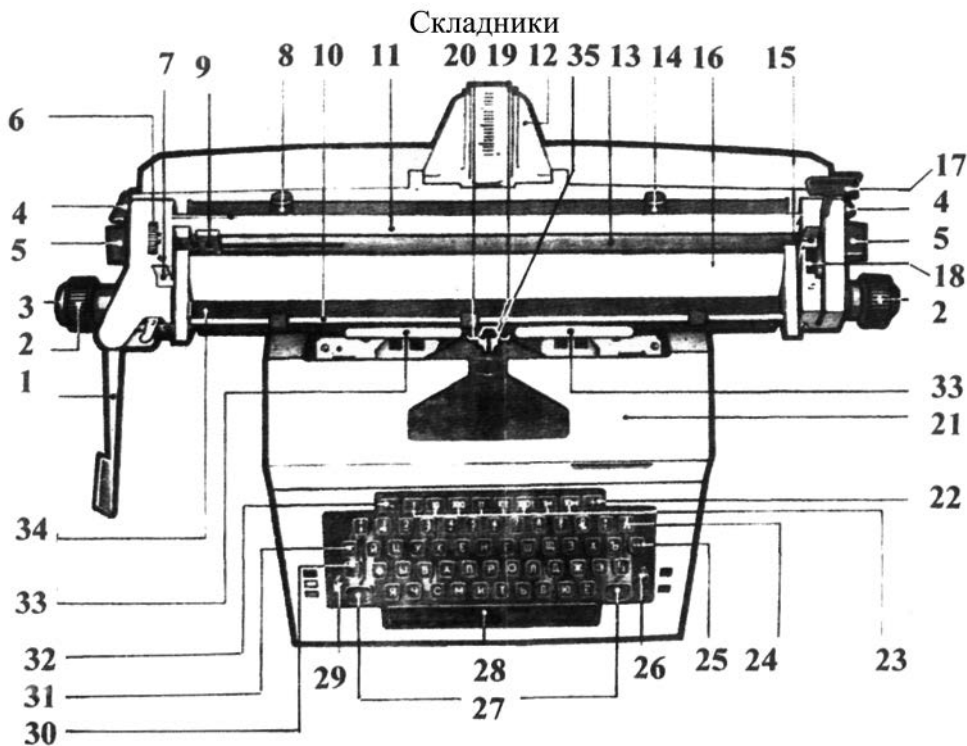


Рис. 5.18. Конструкція електричної друкарської машинки

Перехід каретки в кінці рядка у механічній друкарській машинці, виконують інтервальним важелем 1 з натисненням його праворуч.

Швидкість друку на електричних друкарських машинках досягає 400-450 знаків за хвилину, що доступне тільки висококласним операторам. Швидкість друку на механічній друкарській машинці, досягає 180-200 знаків за хвилину, що є серйозним недоліком. Окрім того, значне зусилля ударів пальцями клавіш призводить до швидшої стомлюваності оператора, що також є недоліком. Тому більшого поширення набули у 70-80 роках минулого сторіччя електронні друкарські машинки типу Optima Electric, тощо.

У електричних друкарських машинках, які за конструкцією близькі до механічних, під клавішами розташовано зубчастий барабан з неєвольвентними тригранними зубцями, але розташованими по всій довжині (близько 250 мм). Зубці схожі на зубці колеса храповика. Зубчастий барабан приводять в обертання у бік гумового опорного барабана зубчастим армованим гумовим пасиком від низькошвидкісного (300 об/хв) електродвигуна змінного струму із зовнішнім ротором. Коли натискають клавішу, то зубець важеля входить в

зчеплення із зубцем зубчастого барабана, що обертається, і він різко посиляє важіль з шрифтом, який сполучено шарнірно з довгою тягою, на опорний гумовий барабан з папером. Зубчастий барабан виконує також автоматичне переведення (обертання) опорного барабана на встановлений міжрядковий інтервал в кінці кожного рядка.

Для реєстрації номінальних параметрів апаратури, що настраюють на конвеєрі за серійного виробництва (напруг, струмів, натягнень магнітних стрічок, обертів моментів механізмів тощо) застосовують автоматичну реєстрацію в паспорти невеликими дуже простими цифродрукувальними машинами. Коли досягнуто необхідне значення параметра, оператор натискає ногою педаль і фактичне його значення віддруковане у потрібній графі паспорта.

Цифродрукувальні машинки містять циліндровий металевий барабан невеликого діаметру (18-25 мм) з виконаними уздовж його утворюючими рядами високо виступаючих однакових цифр від 0 до 9, ком, крапок, знаків (-/+). У кожному ряду однакових математичних знаків може бути чотири, шість, вісім або десять, тому їх називають чотири, шести, восьми або десятирозрядними цифродрукувальними машинками. Подовжніх рядів цифр може бути 11 або більш. Просту цифродрукуючу десятирозрядну машинку (рис. 5.19) складено з друкарського барабану з цифрами 2, який приводять в обертання через зубчасті колеса 10 і 11 від безколекторного електродвигуна 3 постійного струму. На

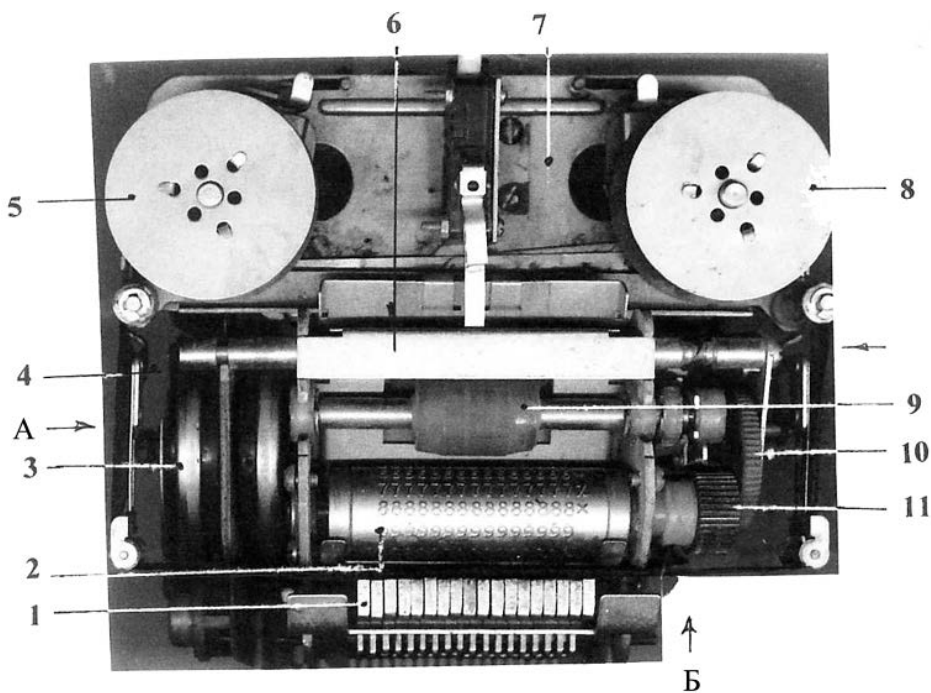


Рис. 5.19. Вид зверху на цифродрукувальну машинку

валу останнього розташовано барабан з подовжніми зубцями (на рисунку не зазначено), аналогічний барабану електричних друкарських машинок. Уздовж барабана проходить двобарвна друкувальна стрічка 4, яка переривчасто переміщується з подавальної 5 котушки на приймальну 8, аналогічно стрічці друкарських машинок. Окрім того, уздовж друкувального барабана розміщено прямолінійно поворотні з внутрішньою поверхнею радіусу притискні подушечки 1 (по дві на одну цифру). Радіус подушечок дещо більший за радіус друкарського барабана, що за швидкого притиснення друкарської стрічки до смужки паперу, що охоплює друкарський барабан 2, забезпечує чітке відтиснення цифри з барабана, до якої притиснуто важіль з символом. Символи (цифри) встановлені на поворотних важелях і отримують ударне зусилля через додаткові важелі, що підводять до зубчастого барабана, який обертається, невеликими електромагнітами (на кожен важіль по одному електромагніту). Паперова стрічка (на рис. 5.19 не зазначена) через щілину 6 і притискний поліуретановий ролик 9 поступає на друкарський барабан 2, його охоплює під кутом близько 90° і виходить з нього з провисанням. Несний корпус 7 і площину обертання котушок 5 і 8 розміщують вертикально біля настроювача.

Цифродрукувальні машинки відрізняються прямолінійним розміщенням притискних важелів замість ромашкових важелів з шрифтом і з дуже малою кількістю друкарських елементів (10-11 замість 45), невеликими габаритними розмірами та масою (особливо на чотири розряди цифр) й спрощеною конструкцією.

Якщо друкарські машинки майже вже вийшли із уживання, то цифродрукувальні машинки ще широко застосовують у виробництві, банківській сфері тощо.

МВРЗ з гнучким носієм інформації на телеграфних апаратах

Механіко-відтискова реєстрація зображень на гнучкому носії (папері, паперовій стрічці), так звана, телеграфія і передавання даних, є важливою галуззю електрозв'язку. Телеграфний зв'язок – вид документального електрозв'язку, що забезпечує передавання літерно-цифрового тексту, зображень, що сприймає око людини.

Телеграфні апарати призначено для передавання і приймання телеграфних повідомлень телеграфними каналами та лініями зв'язку. Телеграфні апарати, є термінальними пристроями які встановлюють у міських відділеннях зв'язку або районних вузлах зв'язку, а також безпосередньо на підприємствах і установах з великим та/або терміновим телеграфним обміном. Окрім того, за закордонними джерелами, всі військові частини, з'єднання і армії з'єднують між собою та з генеральним штабом через телеграфний зв'язок з обов'язковим спеціальним шифруванням і дешифруванням. Коди регулярно змінюють. Відомо, що деякі телеграфні шифрограми часів Великої вітчизняної війни ще не вдалося розшифрувати.

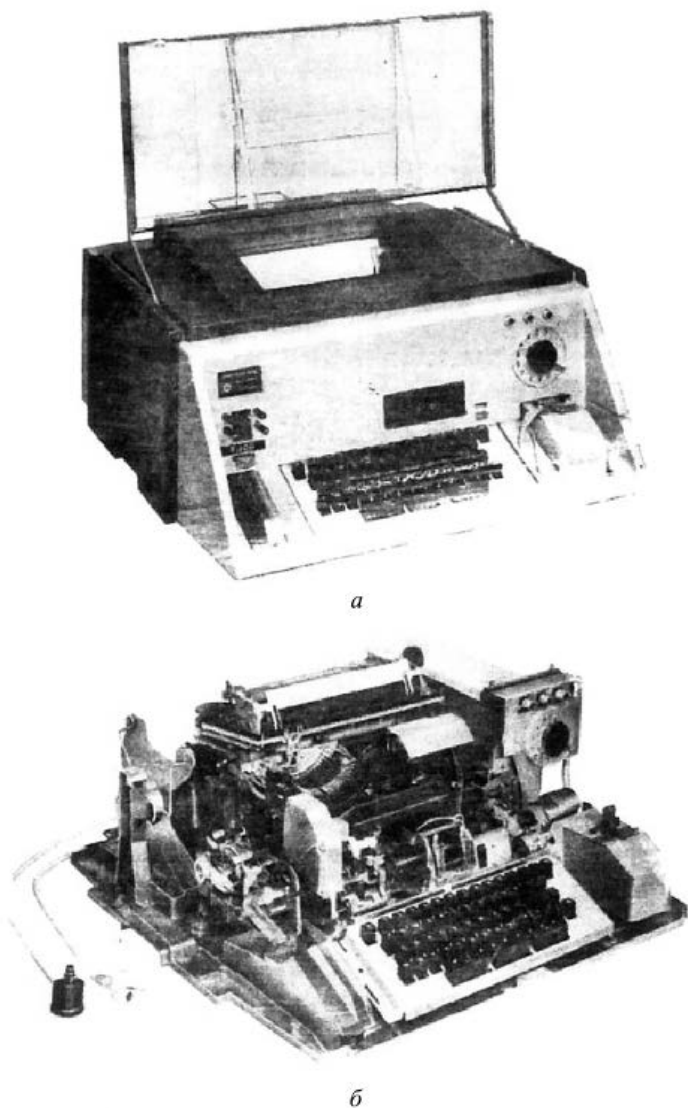


Рис. 5.20. Телеграфний апарат: *а* – готовий до роботи, *б* – із знятою кришкою

Повідомлення, які передають телеграфом, відносять до дискретних, тобто таких, що мають обмежену кількість знаків (букв, цифр, розділових знаків). Для передавання даних використовують двійкову систему числення, в якій всі числа можуть бути записані цифрами 0 і 1 (режим зі струмом – 1 і режим без струму – 0). Двійкові цифри 0 і 1 називають елементами коду. Сукупність елементів коду, що утворюють двійкове число, є кодовою комбінацією. Число еле-

ментів, що утворюють кодову комбінацію, називають значністю коду. Якщо всі кодові комбінації мають однакову часову довжину (період), то код називають рівномірним, якщо ні, – нерівномірним. У техніці зв'язку використовують виключно рівномірні коди.

На практиці часто використовують п'яти-елементні коди, що дають можливість передавання всіх букв російського алфавіту. Одержані в результаті кодування кодові комбінації передають як електричні сигнали, де елемент «1» – це імпульс позитивної полярності, а елемент «0» – імпульс негативної полярності або пауза.

П'яти-елементний телеграфний код має міжнародне застосування, його стандартизовано Міжнародним консультативним комітетом з телеграфії і телефонії (МККТТ) і одержав назву МТК-2 (доповнений російським алфавітом). П'яти-елементний код забезпечує передавання 30 букв російського алфавіту, – 26 букв латинського алфавіту, – десяти цифр і знаку «пробіл» (пропуск між словами), – 12 додаткових службових знаків (знаки питання, двокрапки, дужки, коми тощо), – службових комбінацій «Повернення каретки» і «Перехід рядка», необхідних для правильного розташування тексту для друку на рулоні паперу.

Загальна кількість різних знаків, передбачених п'яти-елементним кодом, складає 84, тому застосовано регістровий принцип побудови коду, де одна і та ж кодова комбінація може служити для передавання двох або трьох різних знаків залежно від того, яку з трьох регістрових комбінацій передано перед даною комбінацією.

Запис інформації на паперовий носій

Інформацію, що приймає телеграфний апарат, записують на гнучкий носій – паперову стрічку шириною 10 мм намотану в рулон діаметром 190 мм, або рулон паперу, що має ширину 215 мм, а довжина рулону 100 м. Можуть застосовувати і інші розміри паперу, особливо якщо робота з ЕОМ. При цьому інформацію записують (друкують) таким же чином на паперовий носій, як і в електричних друкарських машинках, тобто відтиснення знаків через друкарську (копіювальну) стрічку фіксується на папері. Вимоги, що ставлять до друкувальних пристроїв для телеграфії, полягають у:

- швидкодії (від 6...7 до 150 знаків/с);
- великій кількості символів, що відображають, від 96 в п'яти-елементному коді і до 156 в семи-, восьми-елементних кодах;
- високій якості друку.

В деяких випадках висувають додаткові вимоги щодо двобарвного друку.

МВРЗ з гнучким носієм інформації, яку використовують у поліграфії

МВРЗ, що використовує гнучкий носій інформації у вигляді різного типу паперу, перевищує на два-три порядки за об'ємом продукції всю решту спо-

собів реєстрації зображень і широко застосовуються в поліграфії. Слово «поліграфія» утворено від грецького *poli* і *graphia*, тобто *багатодрукування*. Під друкарським розмноженням розуміють процес багаторазового отримання зображень (механічних відтисків) шляхом перенесення барвникового шару з друкарської форми на сприймальну поверхню (папір, картон тощо).

МВРЗ застосовують у поліграфії для:

- ілюстрацій і тексту книг, журналів, брошур;
- різних газет (щоденних, тижневих тощо);
- квитків для всілякого транспорту (авто, повітряного, залізничного, морського тощо);
- театральних афіш, плакатів та інших рекламних цілей;
- текстової конструкторсько-технологічної документації (технічні описи виробів техніки реєстрації, інструкції складання і регулювання тощо);
- навчальних посібників (плакатів з деталями машин, кінематичними схемами тощо);
- розкладів руху всіх видів транспорту (наземного і повітряного);
- зошитів (шкільних, загальних тощо);
- всіляких листівок (вітальних, портретів артистів, міст т. ін.);
- календарів (відривних, перекидних, маленьких і великих);
- виготовлення міліметрівок (листових, рулонних);
- поштових конвертів і марок;
- картографічних матеріалів (карт, атласів тощо);
- грошових одиниць всіх достоїнств (на папері типу «казенна»);
- посвідчень, паспортів, трудових книжок;
- ілюстрацій і текстів для пакування різних виробів, фармацевтичної продукції (порошків, ліків);
- бюлетенів офіційних установ і організацій (міністерств, комітетів, агенцій тощо);
- етикеток всілякої винно-горілчаної продукції (наклеюються на скляні пляшки);
- шкал приладів для електровипарювання, та інших;
- пакування тютюнової продукції (коробки, пачки) і багатьох інших цілей, перераховувати які можна було б до нескінченності.

Друкарською формою називають поверхню (прямолінійну або циліндричну), на якій будь-яким способом одержано друковані та недруковані елементи. Елементи що друкують, – це ділянки друкарської форми, що відтворюють зображення, на які в процесі друкування наносять фарбу і з них передають на папір або картон. Білі елементи – це ті, які не утворюють під час друкування зображення. Друкарські форми можуть мати рельєфні або поглиблені друкарські елементи, або елементи що друкують, які лежать практично в одній площині з білими.

Залежно від вживаних для друкування форм розрізняють три основні види друку: високий (або друкарський), плаский і глибокий.

Форми високого друку (рис. 5.21, *а*) мають рельєфні друкарські елементи 1, які лежать в одній площині, і поглиблені пробільні елементи 2. Якщо всі друкувальні елементи є в одній площині, тому в процесі друкування їх покривають рівномірним за товщиною шаром фарби (рис. 5.21, *б*). В результаті на всіх ділянках відтиснення (рис. 5.21, *в*) товщина барвникового шару буде практично однаковою. Отже, окремі ділянки зображення на відтисках (штрихи, крапки, букви тощо) матимуть однакову насиченість кольору. Передавання тонів у разі високого друку можливо здійснювати лише різними розмірами штрихів і різною відстанню штрихів один від одного.

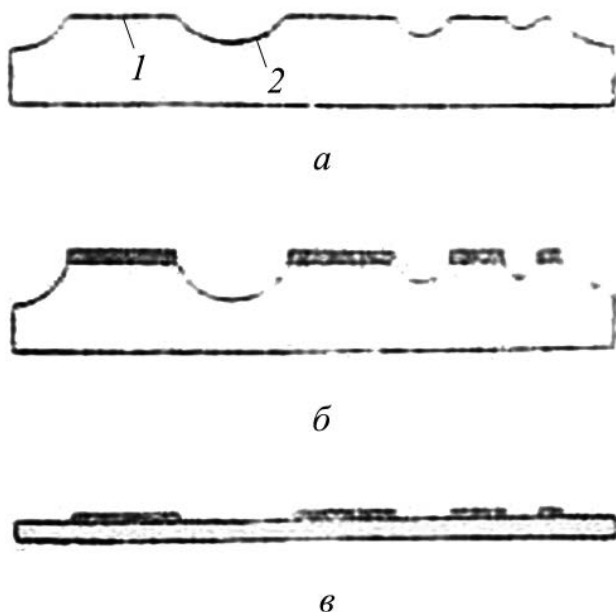


Рис. 5.21. Схема форми високого друку і відтиснення

На формах плоского друку (рис. 5.22, *а*) елементи що друкують 1 і білі елементи 2 практично розташовано в одній площині і мають різні фізичні властивості: перші жировосприйнятливі, а другі – вологосприйнятливі.

Можливість багатократного отримання відбитків (рис. 5.22, *б*) обумовлено тим, що у процесі друкування перед кожним нанесенням фарби білі елементи звожують (друкувальні елементи не сприймають вологу), в результаті фарба до них не прилягає. Оскільки всі друкувальні елементи є в одній площині, то вони покриваються рівномірним шаром фарби, тобто на відтисненнях плаского друку (рис. 5.22, *в*) всі елементи зображення (штрихи, букви тощо) матимуть однакову товщину барвникового шару, і передавання тонів здійснюється аналогічно, як і у разі високого друку.

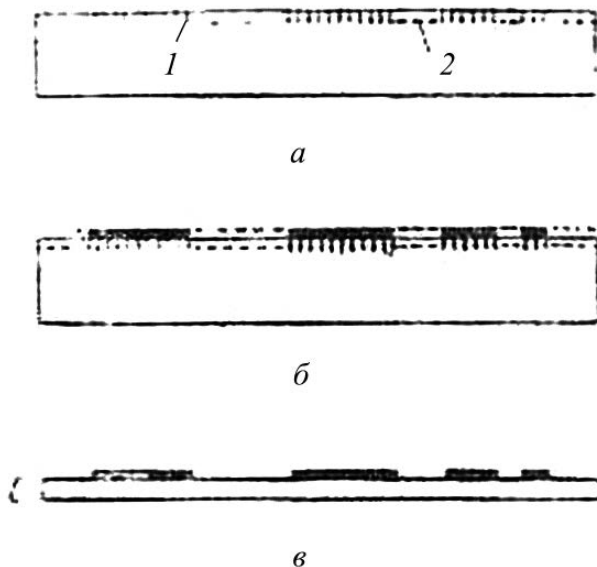


Рис. 5.22. Схема форми плоского друку і відтиснення

Форми глибокого друку (рис. 5.23, а) складають з поглиблених друкувальних елементів 1 і розташованих в одній площині білих елементів 2. Глибина друкувальних елементів різна залежно від тональності оригіналу: темним ділянкам оригіналу відповідають найбільш глибокі друкувальні елементи і, навпаки, найбільш світлим – дрібні.

У процесі друкування фарбу наносять на всю поверхню форми (рис. 5.23, б), а потім спеціальним пристосуванням її видаляють з білих ділянок і вона залишається тільки у поглибленнях.

Унаслідок різної глибини друкувальних елементів окремі ділянки зображення на відбитках (рис. 5.23, в) матимуть неоднакову товщину барвникового шару, тобто різну насиченість кольору.

Таким чином, на відміну від високого і плоского друку передавання тонів зображення глибокого друку здійснюють внаслідок різної товщини барвникового шару, що максимально наближає відтиски до оригіналу.

Перенесення барвного зображення з різних форм на сприймальну поверхню (папір) може здійснюватися або тиском, або за інших сил (електричних тощо). У свою чергу в процесі друкування під тиском фарба може переходити або безпосередньо з форми на папір, або через проміжну ланку. У першому випадку (рис. 5.24, а) папір 1 приводять в контакт з друкарською формою 2, і фарба під тиском переходить з друкувальних елементів на папір, й утворює відбитки. Безпосереднє передавання фарби з відтисків на папір характерно для високого і глибокого друку і частково плоского (літографського) друку. При цьому слід мати на увазі, що зображення на друкарській формі повинне бути зворотним (дзеркальним).

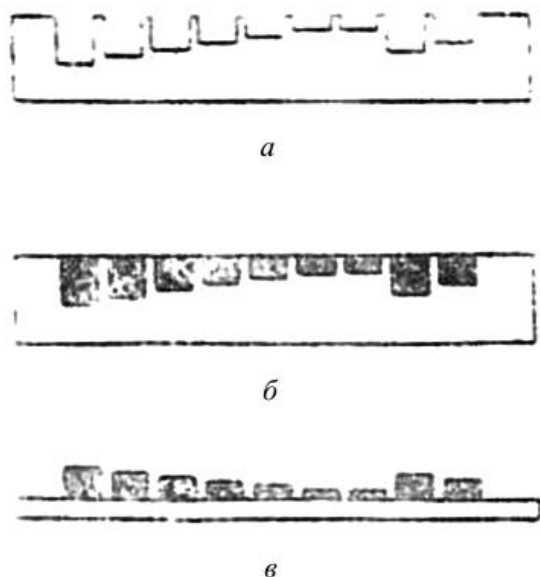


Рис. 5.23. Схема форми глибокого друку і відтиснення

У другому випадку (рис. 5.24, б) у процесі друкування до форми 2 притискають проміжну ланку 3 (наприклад, гумове полотно), яке приймає на себе фарбу з друкувальних елементів, а потім передає її на папір. Зображення на формі повинне бути прямим. Такий спосіб друку називають офсетним, його застосовують, перш за все, у пласкому (окрім літографського) і частково у високому друці («високий офсет»).

Залежно від виду вживаного друкарського паперу – в листах або в рулонах – офсетні машини можуть бути листовими або рулонними (див. схему). Окрім того, офсетні машини підрозділяють на однобарвні і багатобарвні, односторонні і двосторонні і за принципом побудови друкарського апарату (планетарні, три- і чотири-циліндрові).

Класифікація офсетних машин

Листові машини у порівнянні з рулонними мають такі переваги:

1) листовий папір перед друкуванням тривалий час лежить у стапелі і кондиціонує, тобто набуває певної вологості. В результаті паперові листи приймають плоску форму, не коробляться; у них відсутні внутрішні напруженості, і вони менше деформуються у процесі друкування;

2) паперовий лист вільно лежить на поверхні друкарського циліндра, не підлягає впливу зовнішніх сил, що діють уздовж паперового полотна в рулонних машинах. Це забезпечує точне розташування відбитків на папері, що особливо важливо за друкування багатобарвної продукції, коли зображення, віддруковані різними фарбами, повинні бути точно суміщені один з одним;

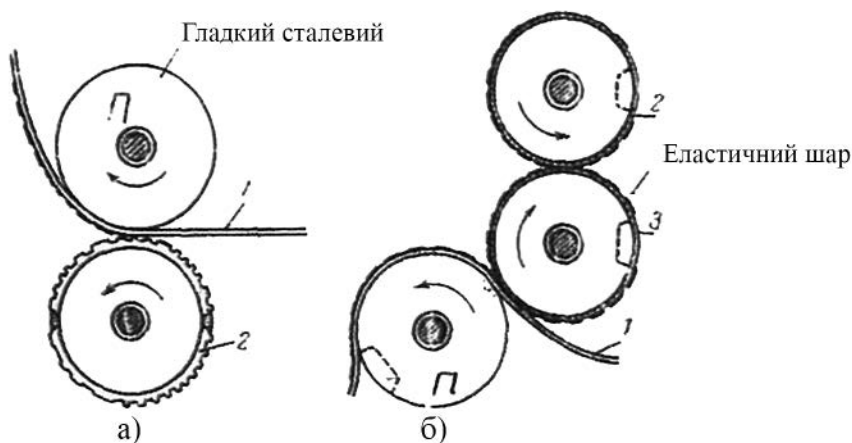


Рис. 5.24. Схема передачі фарби з форми на папір в процесі друкування під тиском

3) на листових машинах можна друкувати на папері різного формату і товщини, включно з картоном, що характеризує універсальність таких машин;

4) відходи паперу порівняно невеликі, оскільки друк виконують на раніше запечатаних (макулатурних) аркушах і зупинка машини в процесі друкування не викликає великих втрат паперу.

Недоліки листових машин:

1) порівняно невисока швидкість обумовлена складністю подавання і вирівнювання окремих аркушів перед друкуванням і укладання відбитків в сталець;

2) складність побудови двосторонніх багатобарвних машин і оснащення їх фальц-апаратами і сушильними камерами, тому книжкову багатобарвну продукцію друкують на листових машинах в декілька прогонів з подальшим фальцюванням на спеціальних фальцювальних машинах.

У порівнянні з листовими рулонні офсетні машини мають такі переваги:

1) висока швидкість друку в межах одного рулону, що обумовлено безперервністю процесу подавання паперового полотна у машину;

2) простота будови (без додаткових механізмів) багатобарвних і двосторонніх машин, зручність агрегування їх з сушильними пристроями і фальц-апаратами, це дозволяє створювати багатобарвні машини, що видають за один прогін багатобарвні сфальцьовані відтиски, готові до подальшого оброблення;

3) порівняно низька вартість рулонного паперу.

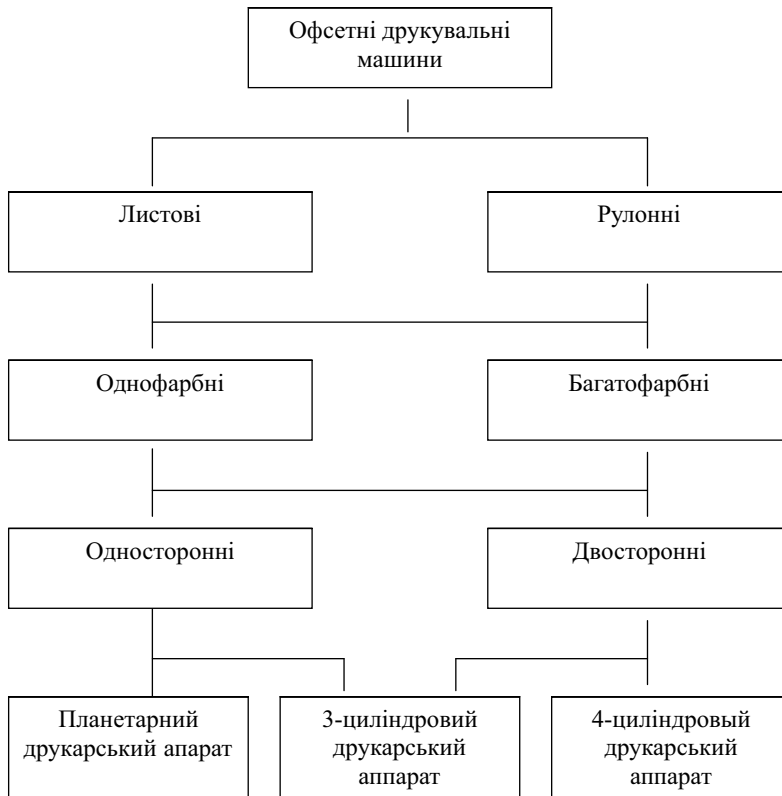
Недоліками рулонних машин є:

1) коливання паперового полотна, що виникають за розмотування рулонів, крутильних коливань циліндрів друкарського апарату і паперовопровідної системи, які безпосередньо впливають на точність положення відбитків на паперовому полотні, в результаті точність поєднання фарб на рулонних машинах, як правило, дещо ниж-

ча, ніж на листових; це посилюється також трудностю кондиціонування рулонного паперу, внаслідок чого його деформація в процесі друкування збільшується;

2) кожна зупинка рулонної машини викликає втрату паперу, що є в машині. Особливо великі втрати через велику довжину проводки її в машині. Наприклад, тільки під час налаштування і підготовки машини до друкування втрати паперу досягають 10-15%;

Класифікація офсетних машин



3) формат друкарської продукції може бути змінено лише за шириною паперового полотна. Змінити формат у напрямі руху паперу неможливо, оскільки він визначається довжиною кола формівного циліндра. Тому на рулонних машинах звичайно друкують тільки один або два стандартні формати. Це обмежує їх застосування в невеликих друкарнях.

Рулонні машини доцільно застосовувати у друкарнях, спеціалізованих на випуску багатотиражної книжково-журнальної та газетної продукції. Листові машини призначено для друкування невеликих і середніх тиражів на високоякісному папері та необхідності частої зміни формату. Слід зазначити, що останніми роками якість друку на рулонних машинах значно покращено і наближено до якості друку на листових машинах.

Основні стадії друкарського процесу

В наш час процес друку здійснюють у друкарських машинах, які залежно від ступеня оснащення їх додатковими механізмами можуть виконувати більшу або меншу кількість операцій. Нижче наведено узагальнену схему виконаного на друкарській машині технологічного процесу (рис. 5.25).

Процес друку має такі основні стадії:

- 1) розмішування фарби та нанесення її на друкарську форму;
- 2) подавання паперу до форми;
- 3) власне друк;
- 4) видалення відбитків від форми і закріплення фарби на відбитках.

На першій стадії друкарського процесу фарбу рівномірно розподіляють і наносять на форму у необхідній кількості.

Листові офсетні машини «Домінант» (46x63; 48,566 см)

Машина «Домінант» (рис. 5.25) – удосконалена модель малоформатних офсетних машин заводу Адамі з Чехії, її маса 0,6 т, габарити невеликі, а продуктивність достатньо висока (9000 відтисків/год). Машина обладнана високостапельним самонакладом і вбудованим прийманням. Від малоформатних офсетних машин «Ромайор» різних моделей що випускалися раніше, машини «Домінант», відрізняються не тільки збільшеним форматом, але й іншим конструктивним рішенням щодо використання паперу, друкарської та паперовивідної систем. Формовий циліндр, розрахований на товщину алюмінієвої фольги 0,15 мм і підкладку під неї завтовшки 0,05 мм.

Роботу машини на великій швидкості та необхідну точність забезпечують високостапельний самонаклад з каскадним подаванням листів на накладний стіл і верхній форгрейфер, що обертається в жорсткій конструкції, яка точно подає листи в захват друкарського циліндра. Машина обладнана пристроями, які при зниженні тиску між циліндрами автоматично переводять її з робочої швидкості на повільний хід, вимикають подачу листів самонакладом і передавальні вали барвникового і зволожувального апаратів машини. Останнє дуже важливо для дотримання необхідних режимів друкування і скорочення часу підготовки машини до друку, окрім того, скорочує відходи паперу під час пуску машини.

На машині є механізми автоматичного підйому і опускання стапельних столів самонакладу і приймання. Столи змінні і мають колеса для їх вивозу з машини. Машина може працювати у покроковому режимі від електродвигуна, що полегшує і прискорює виконання підготовчих операцій і збільшує її продуктивність. Приймання машини забезпечене пристосуванням для безпечної виїмки листів при контролі під час роботи машини.

Всі перераховані удосконалення забезпечують високу експлуатаційну швидкість машини і значно скорочують її технологічні зупинки.

Машини «Домінант» широко випускалися двох марок – 714 і 724.

Всі вузли і механізми машини змонтовані на жорсткій основі 1 (рис. 5.25).

На замкнених втулково-роликів ланцюгах 2 транспортерів самонакладу і приймання шарнірно укріплені кронштейни, на яких встановлюють столи для стосу паперу 3 самонакладу і приймального пристрою 13. Ланцюги транспортера мають автоматичний привод.

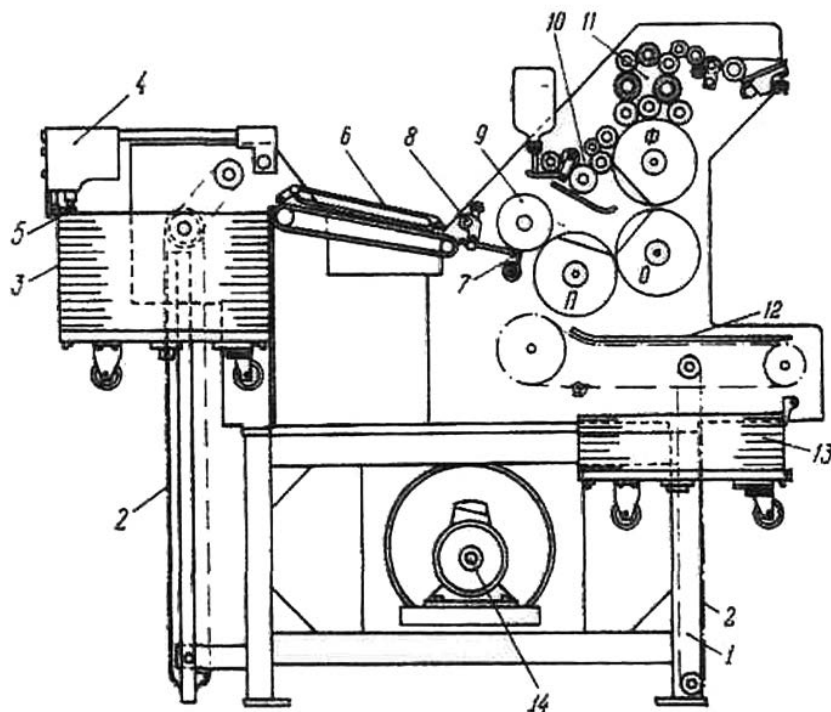


Рис. 5.25. Схема малоформатної листової машини «Домінант-712»

Паперові аркуші або відбитки відділяються від стосу 3 за допомогою повітряних просмоктувань 5 і аркушевідокремлювального пристрою 4 і потрапляють на накладний стіл 6 самонакладу. Під час руху вздовж столу аркуші вирівнюють за передньою кромкою упорами 7, а по бічній кромці – бічним вирівнювальним автоматом 8. Точно встановлений аркуш беруть у захват форгрейфера 9, що обертається, який надає йому прискорення і він, досягнувши рівної швидкості руху з друкарським циліндром П машини, поступає в захват друкарського циліндра.

Друкарський апарат машини складено з трьох циліндрів, розташованих із зсувом у вигляді літери Г. На формовому циліндрі Ф закріплена друкарська форма, на яку накатні вали зволожувального апарату 10 наносять вологу, а потім накатні вали барвникового апарату 11 – тонкий шар фарби. Фарбу з друкарської форми під тиском передають на поверхню гумового полотна офсетного циліндра О, а з нього – на паперовий аркуш або відтиск (при повторному проходженні аркушів через машину) при багатобарвному друці.

Післямова

В навчальному посібнику в історичному аспекті наведено етапи розвитку технологій, засобів та апаратури реєстрації інформації, що показує динамічний характер творчого процесу даного напрямку науки, й реалізації ідей фахівців у конкретні конструкції апаратів та приладів.

Наданий матеріал створює якісне (в сенсі фундаментальне) підґрунтя для розуміння особливостей подальшого стрімкого розвитку галузі техніки реєстрації інформації.

Література

1. Авраменко, Ю. Ф. Схемотехника проигрывателей компакт-дисков. Под ред. Корякина-Черняка С. Л. / Ю. Ф. Авраменко. – СПб.: СП НИЦ «Наука и техника», 1999. – 128 с.
2. Антипин, М. В. Кинотелевизионная техника / М. В. Антипин, Ю. С. Косарский, Л. Л. Полосин, Д. А. Таранец. – М.: Искусство, 1984. – 228 с.
3. Аполлонова, Л. П. Грамзапись и ее воспроизведение / Л. П. Аполлонова, Н. Д. Шумова. – М.: Энергия, 1973. – 73 с.
4. Барбанель, С. Р. Кинопроекционная и звуковоспроизводящая аппаратура / С. Р. Барбанель, С. М. Проворнов, А. В. Соломоник. – М.: Искусство, 1964. – 367 с.
5. Бенин, М. С. Звукотехника / М. С. Бенин, А. С. Подунов. – М.: ДОСААФ, 1976. – 160 с.
6. Бургов, В. А. Основы кинотелевизионной техники / В. А. Бургов. – М.: Искусство, 1964. – 613 с.
7. Бургов, В. А. Теория фонограмм / В. А. Бургов. – М.: Искусство, 1984. – 302 с.
8. Богданов-Катьков, Н. В. Струйные принтеры для дома и офиса / Н. В. Богданов-Катьков. – СПб.: Арлит, 2002. – 224 с.
9. Бродкин, В. М. Электропроигрывающие устройства / В. М. Бродкин. – М.: Энергия, 1980. – 128 с.
10. Бытовая аппаратура магнитной записи: справочник / В. И. Шевченко, В. Н. Ткаченко, В. Л. Митьевский. – М.: Радио и связь, 1987. – 320 с.
11. Гаврилов, П. Ф. Видеокамеры: принципы работы, схемотехника, регулировки / П. Ф. Гаврилов, В. Н. Кривилев. – М.: Радиотон, 1999. – 272 с.
12. Гарднер, Дж. Овладевайте искусством магнитной записи / Дж. Гарднер. – М.: Радио и связь, 1981. – 143 с.
13. Гинзбург, А. Периферийные устройства: принтеры, сканеры, цифровые камеры / А. Гинзбург, М. Милчев, Ю. Солоницын. – СПб.: Питер, 2001. – 448 с.
14. Гитлиц, М. В. Магнитная запись сигналов / М. В. Гитлиц. – М.: Радио и связь, 1990. – 232 с.
15. Голдовский, Е. М. Основы кинотехники / Е. М. Голдовский. – М.: Искусство, 1965. – 636 с.
16. Гребенников, О. Ф. Киносъемочная аппаратура / О. Ф. Гребенников. – Л.: Машиностроение, 1971. – 352с.
17. Дегрелл, Л. Проигрыватели и грампластинки / Л. Дегрелл. – М.: Радио и связь, 1982. – 174 с.
18. Ершов, К. Г. Видеооборудование: справочное пособие / К. Г. Ершов, С. Б. Дементьев. – СПб.: Лениздат, 1993. – 271 с.
19. Карлашук, В.И. Цифровая фото- и видеотехника дома и в офисе / В. И. Карлашук, С. В. Карлашук. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 384 с.
20. Кинофильм и кинопроекционная аппаратура / Под общ.ред. проф. С. М. Проворнова – М.: Искусство, 1971.– 622 с.
21. Колищук, В. Т. Конструирование и расчет магнитофонов / В. Т. Коли-

шук, Е. Н. Травников. – К.: Техніка, 1965. – 390 с.

22. Лауфер, М. В. Теоретические основы магнитной записи на движущийся носитель / М. В. Лауфер, И. А. Крыжановский. – К.: Вища школа, 1982. – 270 с.

23. Лузин, В. И. Основы телевизионной техники / В. И. Лузин, Н. П. Никитин, А. А. Шестаков. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 432 с.

24. Милчев, М. Цифровые фотоаппараты / М. Милчев. – СПб.: Питер, 2004. – 205 с.

25. Михневич, А. В. Лентопротяжные механизмы / А. В. Михневич. – М.: Энергия, 1971. – 88 с.

26. Мелик-Степанян, А. М. Детали и механизмы киноаппаратуры / А. М. Мелик-Степанян, С. М. Проворнов. – Л.: ЛИКИ, 1980. – 520 с.

27. Надеждин, Н. Я. Цифровая фотография / Н. Я. Надеждин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 368 с.

28. Никамин, В. А. Цифровая звукозапись. Технологии и стандарты / В. А. Никамин. – СПб.: Наука и техника, 2002. – 264 с.

29. Никамин, В. А. Компакт-диски и CD-устройства / В. А. Никамин. – СПб.: Издательство «Лань», 1997. – 112 с.

30. Оптические головки передающих камер цветного телевидения / Справочник под общей редакцией к.т.н. Василенко О. Н. – Л.: Машиностроение, 1988. – 111 с.

31. Партала, О. Н. Видеокамеры / О. Н. Партала. – СПб.: Наука и техника, 2000. – 192 с.

32. Пархоменко, В. И. Видеозапись / В. И. Пархоменко. – М.: Знание, 1974. – 64 с.

33. Плотников, В. С. Расчет и конструирование оптикомеханических приборов / В. С. Плотников, Д. И. Варфоломеев, В. Е. Пустовалов. – М.: Машиностроение, 1972. – 256 с.

34. Рейнберг, М. Г. Электростатическая запись / М. Г. Рейнберг. – М.: Энергия, 1974. – 207 с.

35. Седов, С. А. Индивидуальные видеосредства: телеантенны, телевизоры, видеомагнитофоны, видеокамеры, видеопроекторы, видеодиски / С. А. Седов. – К.: Наукова думка, 1992. – 752 с.

36. Синклер, Я. Введение в цифровую звукотехнику / Я. Синклер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 74 с.

37. Соул, Д. Электроннооптическое фотографирование / Д. Соул. – М.: Воениздат, 1972. – 404 с.

38. Справочник по технике магнитной записи / Под ред. О. В. Порицкого, Е. Н. Травникова. – К.: Техніка, 1981. – 319 с.

39. Джакония, Д. Е. Телевидение / Д. Е. Джакония, А. А. Гоголь, Я. В. Друзин и др. / Под ред. Д. Е. Джаконии. – М.: Радио и связь, 2004. – 616 с.

40. Травников, Е. Н. Механизмы аппаратуры магнитной записи / Е. Н. Травников. – К.: Техніка, 1976. – 464 с.

41. Цифровые звуковые магнитофоны / И. П. Золотухин, А. А. Изюмов, М. М. Райзман. – Томск: Радио и связь, Томский отдел, 1990. – 160 с.

42. Шишигин, И. В. Как выбрать видеокамеру / И. В. Шишигин, М. Г. Шульман, О. В. Колесниченко, С. А. Золотарев. – СПб.: Лань, 1996. – 512 с.

Навчальне видання

КОНСТРУЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ТЕХНІКИ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

У трьох книгах

ТРАВНИКОВ Євгеній Миколайович
ВЛАСЮК Ганна Григорівна
ПЛІНСЬКИЙ Володимир Володимирович
СПІВАК Віктор Михайлович
ШВАЙЧЕНКО Володимир Борисович
За загальною редакцією В.Б. Швайченка

Книга 1

СИСТЕМИ ТА ПРИСТРОЇ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ

Комп'ютерна верстка і дизайн – Демура В.А.

Підп. до друку 28.05.2012. Формат 84х108/16.
Папір друк. № 1. Спосіб друку офсетний
Ум.-друк. арк. 10,23. Тираж 1000 пр. Зам. № 64

Видавництво «Аверс», 03056, Київ-56, вул. Політехнічна, 16
Зареєстровано Печерською державною адміністрацією м. Києва
21.09.1993 р. №5393 Свідоцтво про перереєстрацію від 29.03.2005 р.
серія А00 №031039
Типографія «Віпол», 03151, м. Київ, вул. Волинська, 60

**ТРАВНИКОВ Євген Миколайович**

народився у 1939 р. Закінчив Київський політехнічний інститут. Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «КПІ». Автор понад 250 наукових та навчально-методичних праць. Почесний працівник промисловості засобів зв'язу СРСР. Заслужений винахідник УРСР. Фахівець у галузі конструювання і технології виробництва радіоапаратури.

**ВЛАСЮК Ганна Григорівна**

народилася у 1955 р. Закінчила Київський політехнічний інститут. Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «КПІ». Автор понад 120 наукових та навчально-методичних праць. Фахівець у галузі телекомунікаційних і інформаційних технологій та електронних систем.

**ПІЛІНСЬКИЙ Володимир Володимирович**

народився у 1941 р. Закінчив Київський політехнічний інститут. Кандидат технічних наук, професор, професор кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «КПІ». Автор понад 300 наукових та навчально-методичних праць. Фахівець у галузях електроживлення та електромагнітної сумісності електронних та телекомунікаційних систем.

**СПІВАК Віктор Михайлович**

народився у 1945 р. Закінчив Київський політехнічний інститут. Кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «КПІ». Автор понад 290 наукових та навчально-методичних праць. Лауреат премій НТУУ «КПІ» за кращу монографію і кращий підручник. Фахівець у галузі променевих технологій та пристроїв, електронних кіл, процесів та систем.

**ШВАЙЧЕНКО Володимир Борисович**

народився у 1955 р. Закінчив Київський політехнічний інститут. Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри звукотехніки та реєстрації інформації Національного технічного університету України «КПІ». Автор понад 160 наукових та навчально-методичних праць. Фахівець у галузі техніки реєстрації інформації та електромагнітної сумісності звукотехнічних систем.